

## **La Rete GPS Permanente della Regione Abruzzo**

Elisabetta D'Anastasio\* e Nicola D'Agostino

*Centro Nazionale Terremoti dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*

*via di Vigna Murata 605, 00143, Roma*

\* tel.: +39 06 51860564

e-mail: [elisabetta.danastasio@ingv.it](mailto:elisabetta.danastasio@ingv.it)



La Rete GPS Permanente della Regione Abruzzo .....	1
Introduzione.....	3
Rete GPS permanente della Regione Abruzzo (RGRA).....	3
Analisi di qualità della RGRA .....	5
Parametri di qualità.....	5
Continuità e completezza dei dati.....	7
Serie temporali delle stazioni GPS della RGRA e campo di velocità.....	9
Strategia di analisi .....	9
Spostamenti legati all'evento sismico del 6 aprile 2009 .....	10
Conclusioni .....	13
Riferimenti bibliografici.....	14

## Introduzione

La rete GPS Permanente della Regione Abruzzo (<http://www.regione.abruzzo.it/xcartografia/>), di seguito RGRA, è l'infrastruttura geodetica regionale per il riferimento cartografico e offre servizi di pubblica utilità di posizionamento e navigazione in tempo reale. Al fine di ottimizzare ed integrare le attività di monitoraggio geodetico il Centro Nazionale Terremoti dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (CNT-INGV) e la Regione Abruzzo hanno stipulato una convenzione rivolta all'integrazione della RGRA con la Rete Integrata Nazionale GPS (RING, <http://ring.gm.ingv.it>) dell'INGV.

Nell'ambito di tale accordo l'INGV ha provveduto all'analisi di qualità sui dati acquisiti dalla RGRA ed all'analisi delle serie temporali e del campo di velocità GPS risultante. L'INGV fornisce inoltre alla Regione Abruzzo i dati delle stazioni appartenenti alla RING con acquisizione del dato ad 1 secondo in tempo reale, presenti nel territorio abruzzese o nelle regioni confinanti. Tali dati contribuiscono al miglioramento delle correzioni di area per il posizionamento in tempo reale fornite dalla Regione Abruzzo alle utenze civili.

I dati della RGRA, considerata la bontà del lavoro di realizzazione della rete, sono infatti ritenuti validi anche a fini scientifici per lo studio della deformazione attiva nell'area. I dati rinex a 30 secondi della RGRA vengono infatti archiviati ed analizzati unitamente ai dati della RING dell'INGV e di altre reti a disposizione degli analisti dell'Istituto.

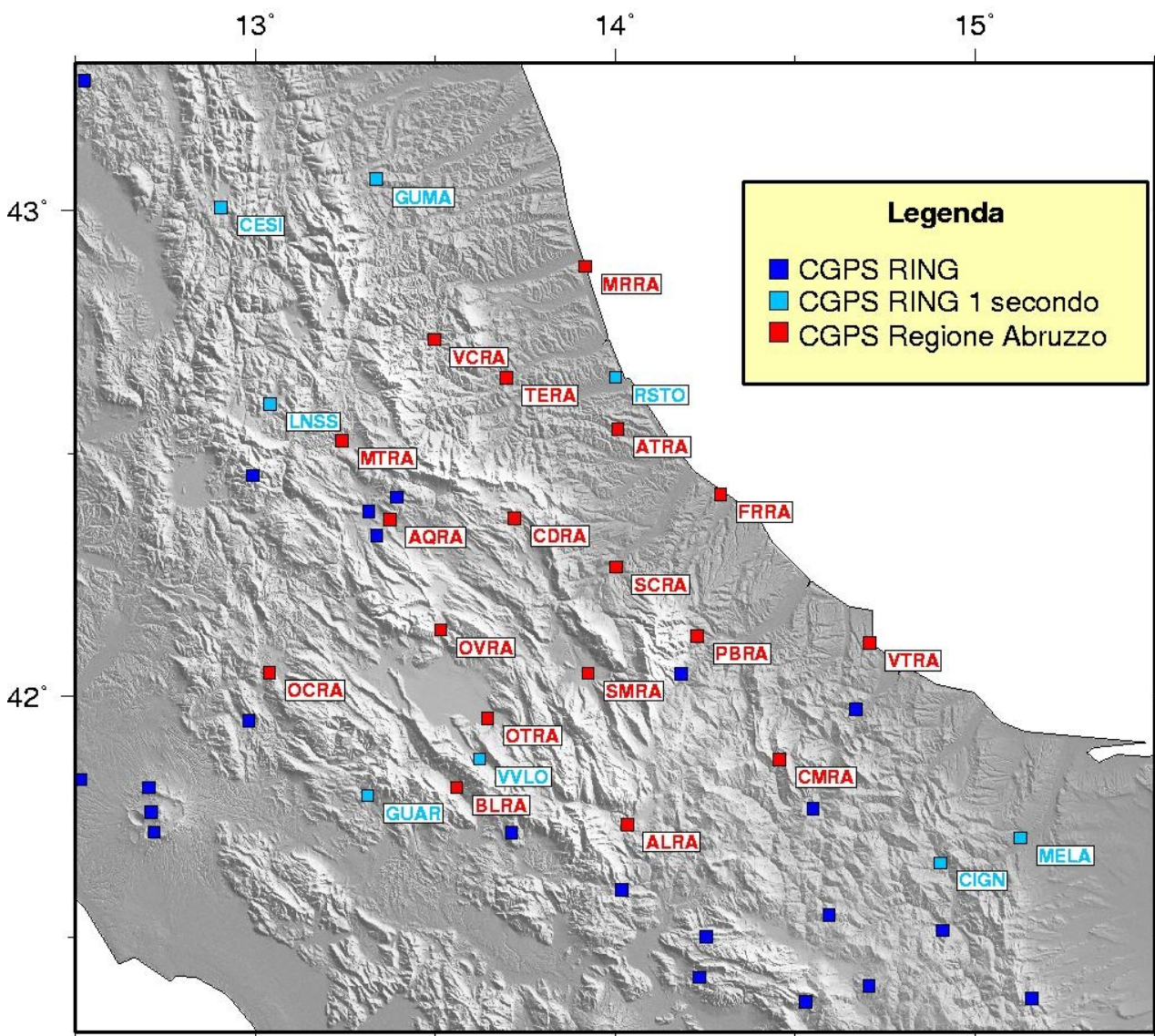
In questo report verranno inoltre illustrati i movimenti osservati sulle stazioni GPS permanenti in area abruzzese in seguito all'evento sismico del 6 aprile 2009.

## Rete GPS permanente della Regione Abruzzo (RGRA)

La Regione Abruzzo ha installato e gestisce una rete costituita da 18 stazioni permanenti GPS/GLONASS, omogeneamente distribuite sul territorio abruzzese ed installate su edifici di proprietà di Enti Pubblici.

La **figura 1** mostra la distribuzione geografica delle 18 stazioni permanenti della RGRP: Alfedena (ALRA), L'Aquila (AQRA), Atri (ATRA), Balsorano (BLRA), Castel Del Monte (CDRA), Castiglione Messer Marino (CMRA), Francavilla (FRRA), Martinsicuro (MRRA), Montereale (MTRA), Oricola (OCRA), Ortucchio (OTRA), Ovindoli (OVRA), Palombaro (PBRA), Scafa (SCRA), Sulmona (SMRA), Teramo (TERA), Valle Castellana (VCRA) e Vasto (VTRA).

Nella figura sono inoltre mostrate le stazioni RING presenti nell'area abruzzese e nelle regioni limitrofe. I dati delle stazioni RING vengono acquisiti dal CNT-INGV con differenti tipi di trasmissione dei dati (principalmente via satellite o via TCP/IP). In figura 1 sono evidenziate le stazioni i cui dati vengono acquisiti del CNT-INGV con streaming ad 1 secondo in tempo reale. I dati di queste ultime vengono forniti alla Regione Abruzzo per aumentare la copertura spaziale della RGRA, che li utilizza per il posizionamento in tempo reale.



**Figura 1:** Collocazione e sigla delle 18 stazioni GPS permanenti della Regione Abruzzo (in blu). In verde sono mostrate le stazioni appartenenti alla Rete Integrata Nazionale GPS (RING) dell'INGV. In rosa sono mostrate le stazioni della RING ad 1 secondo, i cui dati vengono inviati in tempo reale alla Regione Abruzzo.

## Analisi di qualità della RGRA

### Parametri di qualità

La qualità di una rete di stazioni GPS permanenti o di una singola stazione si può analizzare attraverso diversi parametri.

La qualità della prestazione di una stazione GPS permanente viene descritta dall'andamento nel tempo di una serie di parametri calcolati attraverso un software denominato TEQC (Translation, Editing and Quality Check) distribuito gratuitamente dall'Unavco (<http://facility.unavco.org/software/teqc/teqc.html>). Il controllo di qualità eseguito da tale software permette di determinare la qualità delle osservazioni contenute nei rinex prodotti dalla stazione GPS permanente. Gli indici principalmente utilizzati sono i seguenti: mp1 (RMS dato dai multipath sulla fase L1, dato da riflessioni del segnale radio inviato dai satelliti che influiscono sul corretto calcolo della distanza satellite-ricevitore), mp2 (RMS dato dai multipath sulla fase L2), i *cycle slips* ("salti di ciclo", che occorrono quando il ricevitore perde il tracking dei satelliti in vista) e la percentuale di osservazioni presenti nel rinex rispetto alle osservazioni attese per una stazione ben funzionante (che solitamente ha un numero di osservazioni compreso tra 20000 e 25000 per un campionamento a 30 secondi su un intervallo di 24 ore). I valori comunemente riscontrati su stazioni con una buona completezza e qualità del dato sono compresi tra:

- mp1: 0.1 e 0.5 m
- mp2: 0.1 e 0.5 m
- cycle slips: 0 e 5000 (campionamento a 30 secondi su un intervallo di 24 ore)

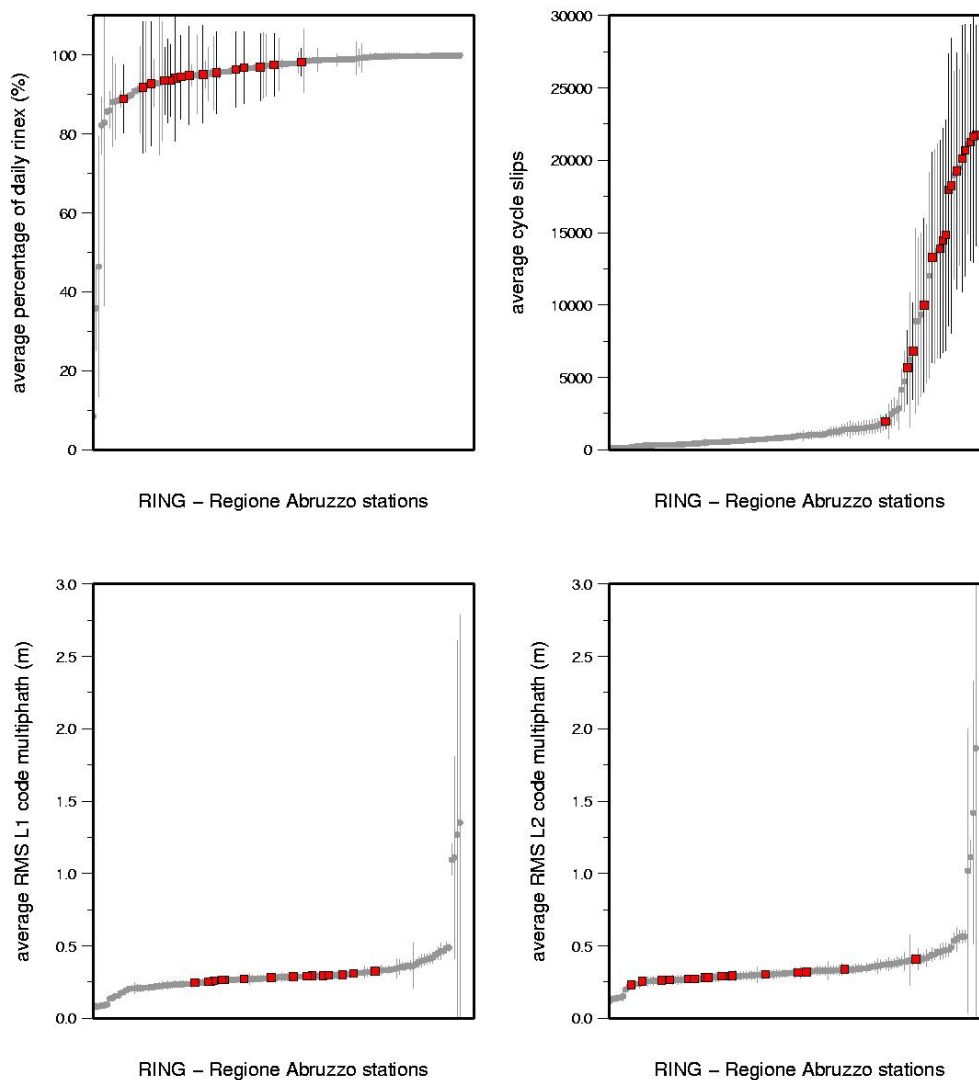
Tali valori sono stati calcolati su tutti i rinex prodotti dalle 18 stazioni della Regione Abruzzo, dalla data di inizio funzionamento della stazione fino a marzo 2010. L'andamento temporale di tali valori, stazione per stazione, è mostrato nelle figure dell'**allegato n. 1**.

Tutte le stazioni della Regione Abruzzo mostrano una buona qualità e continuità del dato rinex, confermando la qualità della strumentazione (antenna choke ring e ricevitore a doppia frequenza) utilizzata.

I valori medi che indicano la qualità dei dati rinex a 30 secondi della Regione Abruzzo sono stati inoltre confrontati con quelli delle stazioni appartenenti alla rete RING dell'INGV. La RING è stata scelta come termine di paragone in quanto rappresenta una rete costruita con i massimi standard di qualità possibili (sia in termini di siti selezionati che di strumentazione utilizzata) per una rete di monitoraggio.

Tali valori, calcolati su un periodo di 50 giorni, rappresentano una media degli mp1, mp2, numero medio di osservazioni complete e numero medio di cycle slips derivati dal controllo di qualità eseguito con il software teqc. La **figura 2** mostra i risultati di tale confronto, confermando un buono standard sia per le stazioni RING che per quelle della Regione Abruzzo (in rosso nella figura). Come si può evincere dalla **figura 2**, i valori medi di mp1 (*average RMS L1 code multipath*) ed mp2 (*average RMS L2 code multipath*) per la RGRA sono relativamente bassi e confrontabili con quelli delle stazioni appartenenti alla RING mentre. Tutte le stazioni della RGRA mostrano però valori elevati di cycle slip (*average cycle slip*). Questa differenza potrebbe essere imputata sia alle differenti caratteristiche dei siti RING rispetto ai siti RGRA che alla differente strumentazione utilizzata per le due reti.

### Network quality check – 50 days average



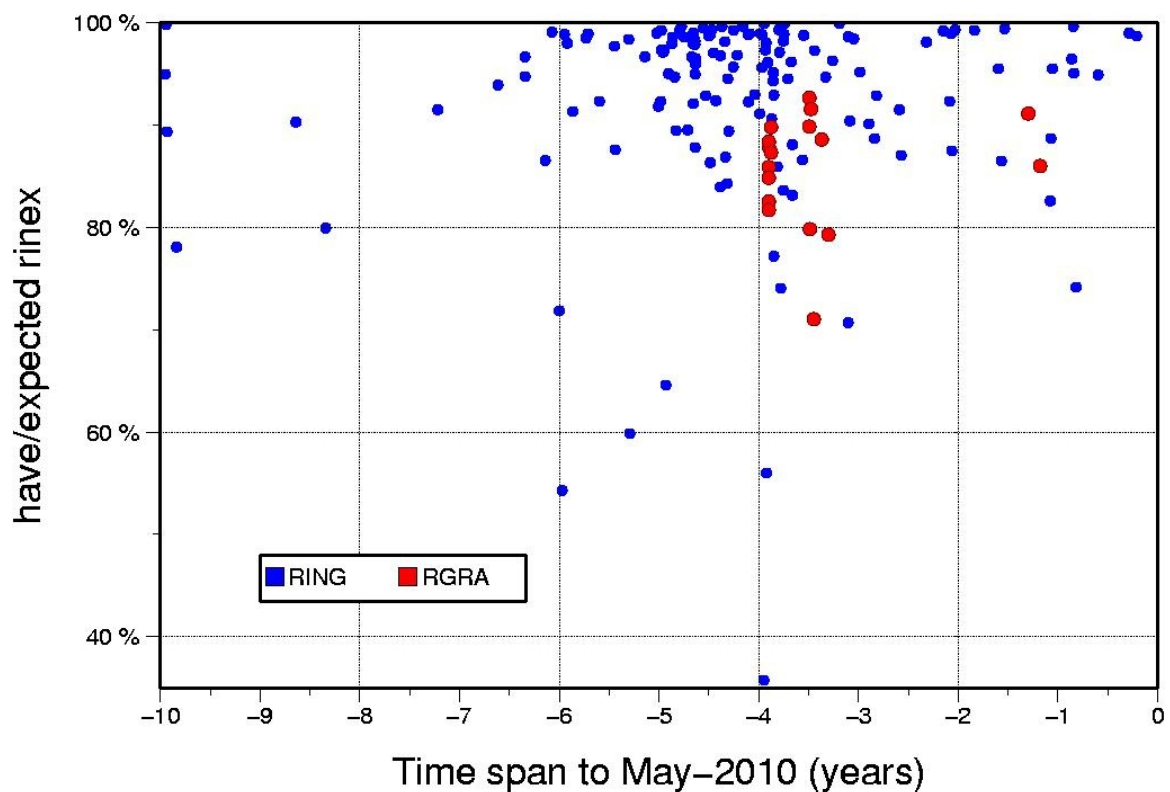
**Figura 2:** valori medi, calcolati su un periodo di 40 giorni, di mp1 (RMS medio della fase L1), mp2 (RMS medio della fase L2), numero di osservazioni e *cycle slips*. In grigio sono rappresentate le stazioni RING, in rosso le stazioni RGRA.



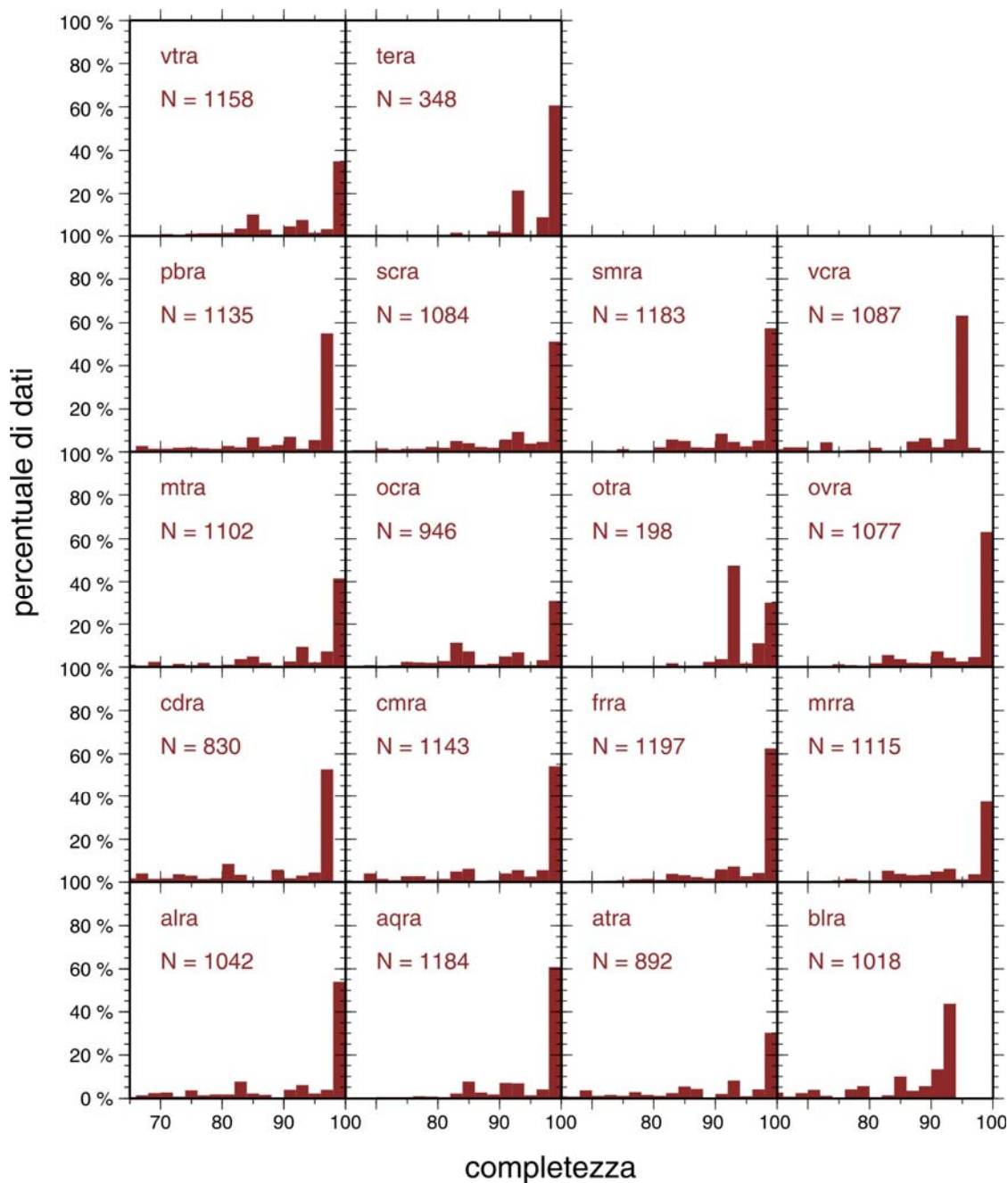
## Continuità e completezza dei dati

La qualità di una rete di stazioni GPS permanenti, oltre che dai grafici precedentemente descritti, può essere anche descritta tramite la completezza e continuità dei dati rinex prodotti durante l'arco di vita della stazione stessa.

La continuità del dato rinex per le reti RGRA e RING è mostrata in **figura 3**. E' stato calcolato, per ogni stazione GPS della rete RGRA e RING, il rapporto tra il numero di rinex giornalieri (intervallo di campionamento a 30 secondi e durata di 24 ore) ed il numero di rinex teorici che intercorre dalla data di installazione fino ad inizio maggio 2010. La RGRA mostra mediamente una buona continuità, superiore al 80% dei rinex presenti per 16 su 18 stazioni. Le stazioni che mostrano la continuità più bassa, per la RGRA, sono quelle di CDRA e OCRA. La RING (composta attualmente da più di 140 stazioni) dopo una prima fase mediamente discreta, è riuscita a garantire una buona continuità del dato nel tempo, con numero di rinex superiore al 90% per il 76% dei siti.



**Figura 3:** continuità della rete RING (Rete Integrata Nazionale GPS dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) ed RGRP (Rete GPS permanente della Regione Puglia). Nel riquadro in giallo è mostrato un ingrandimento riguardante solamente la RGRP.



**Figura 4:** istogrammi raffiguranti la completezza dei rinex delle 18 stazioni della RGRA. N rappresenta il numero di rinex utilizzati nel calcolo del gradi di completezza.

Il grado di completezza di un rinex può essere espresso tramite la seguente formula:

$$completezza = (osservazioni\ reali / osservazioni\ attese) / (ore\ reali / ore\ attese),$$

dove i parametri indicati sono quelli ottenuti dal quality check di ogni singolo rinex con il software teqc, rispettivamente #have, #expected, hours, 23.99, ovvero la durata in ore di un rinex giornaliero. Tale valore, a



differenza delle percentuali mostrate nell'**allegato 1**, calcolate rispetto al numero di osservazioni reali rispetto a quelle attese nelle ore in cui la stazione ha funzionato correttamente (che, in caso di guasti, possono essere anche inferiori a 23.99 ore), descrive la reale completezza di un dato rinex con campionamento a 30 secondi su un intervallo di 24 ore. In **figura 4** sono mostrati gli istogrammi del grado di completezza delle 18 stazioni della RGRA. In questo caso la RGRA conferma una discreta completezza del dato, con valori mediamente intorno al 80-90%.

## Serie temporali delle stazioni GPS della RGRA e campo di velocità

### Strategia di analisi

I rinex a 30 secondi forniti dalla RGRA sono stati analizzati, congiuntamente ai dati della rete RING e di altre reti italiane ed europee (ASI, EUREF, IGS, FREDNET, FVG, OLG, RENAG, SOPAC, TRIGNET e ITALPOS), presso il Centro Nazionale Terremoti dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. I dati sono stati analizzati con un software di uso scientifico (Gipsy-Oasis II, fornito dal JPL della NASA, <https://gipsy-oasis.jpl.nasa.gov/>) ed il software Ambizap (Blewitt, 2008).

I rinex giornalieri con intervallo di campionamento a 30 secondi vengono inizialmente elaborati utilizzando il software scientifico GIPSY-OASIS II, fornito dal Jet Propulsion Laboratory (JPL) della NASA (<https://gipsy-oasis.jpl.nasa.gov>) con un approccio di tipo precise-point-positioning (Zumberge et al., 1997).

La risoluzione delle ambiguità di fase per l'intera rete viene successivamente calcolata utilizzando il software AMBIZAP (Blewitt, 2008). Le soluzioni giornaliere vengono allineate al sistema di riferimento ITRF2005 (Altamimi et al., 2007) usando i parametri giornalieri di trasformazione forniti dal JPL ([ftp://sideshow.jpl.nasa.gov/pub/gipsy\\_files/x-files](ftp://sideshow.jpl.nasa.gov/pub/gipsy_files/x-files)).

Utilizzando il software CATS (Williams, 2008) le serie temporali nel riferimento ITRF2005 vengono analizzate per rimuovere i valori anomali (outliers), caratterizzarne l'errore associato, le velocità lineari, i segnali periodici (annuali e semiannuali) e gli eventuali salti dovuti a cambi di antenna od eventi sismici (come ad esempio il terremoto dell'Aquila del 6 aprile 2009). Le serie temporali dei 18 siti della RGRA, nel sistema di riferimento ITRF2005, sono mostrate nell'**allegato 2**.

Una volta ottenuta la serie temporale è possibile definire la velocità di spostamento della stazione GPS. Tale velocità viene espressa rispetto alla placca eurasiatica sottraendo la rotazione rigida di Eurasia rispetto ad ITRF2005, stimata dalle velocità orizzontali di oltre 30 stazioni poste sulla parte tettonicamente stabile della

placca eurasiatica. Tale analisi permette di ottenere, per ogni stazione GPS permanente, coordinate e velocità di spostamento con uno scarto quadratico medio delle posizioni giornaliere dell'ordine di 1-2 mm sulla componente orizzontale e di circa 5-6 mm sulla componente verticale ed errori sulle velocità orizzontali inferiori al mm/yr per serie temporali di 2-3 anni. Per maggiori dettagli riguardanti la strategia di analisi si rimanda a D'Agostino et al., 2008.

E' importante sottolineare che, così come dimostrato da diversi lavori scientifici (si veda, ad esempio, Blewitt & Lavallée, 2002), una stima affidabile della velocità di una stazione GPS permanente è possibile almeno dopo 2 anni e mezzo di funzionamento della stazione stessa; tale intervallo di tempo si rende necessario per poter modellare correttamente i segnali annuali e semiannuali.

Una stima delle velocità orizzontali fornite da tutte le stazioni della RGRA, confrontata con quella fornita dalle stazioni della RING e di altre reti con più di 2 anni e mezzo di dati presenti nella zona, evidenzia come le maggior parte delle stazioni RGRA abbiano velocità orizzontali consistenti con quelle determinate dalle altre reti. Le stazioni CMRA, MTRA ed AQRA mostrano velocità anomale rispetto alle stazioni circostanti, probabilmente per effetto di instabilità locali dei siti. La stazione di ALRA mostra una serie temporale con effetti non chiaramente riconducibili a segnali annuali o semiannuali (allegato 2). Anche in questo caso l'andamento anomalo è da imputarsi presumibilmente ad instabilità locali del sito.

### **Spostamenti legati all'evento sismico del 6 aprile 2009**

Il 6 aprile 2009, alle ore 01:32 UTC, un terremoto di  $M_w$  6.3 [<http://www.ingv.it>] ha colpito la zona de l'Aquila, causando numerosi decessi e danni ingenti. Il personale del Centro Nazionale Terremoti dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, a poche ore dal terremoto, è prontamente intervenuto per effettuare misure geodetiche per determinare il campo di deformazione co-sismico (Anzidei et al., 2009; Cheloni et al., 2010).

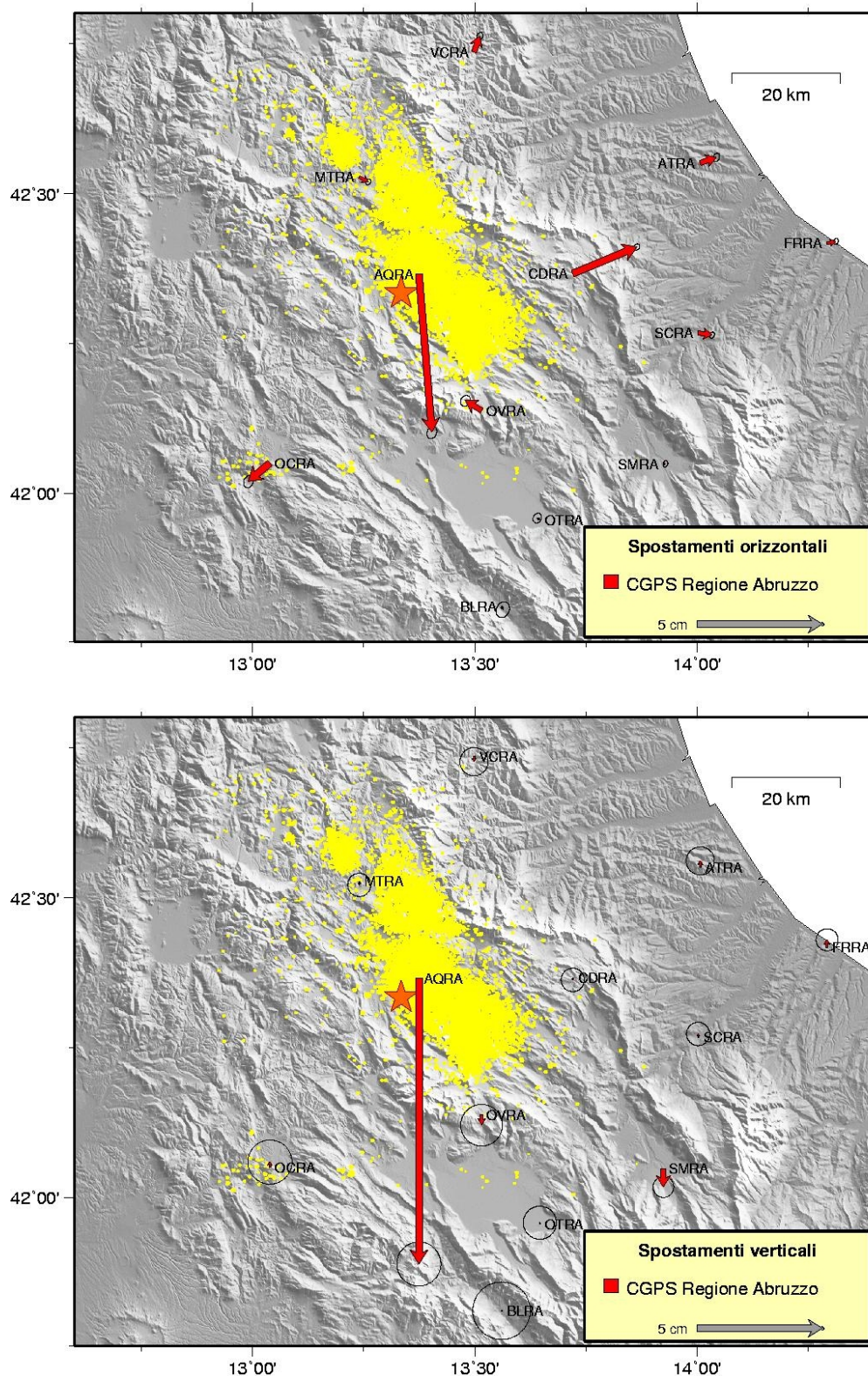
Il terremoto del 6 Aprile 2009 ha infatti causato movimenti in superficie registrati dalle stazioni GPS permanenti in area epicentrale. I valori degli spostamenti cosismici registrati sulle stazioni della RGRA e delle altre reti sono stati calcolati da ricercatori dell'INGV e sono pubblicati in diversi articoli (si veda ad esempio Anzidei et al., 2009; Cheloni et al., 2010). Nella tabella 1 sono riportati i valori, in mm, degli spostamenti calcolati per le componenti orizzontali Nord (N-S, positivi verso N), Est (E-W, positivi verso E) e verticale (positivi verso l'alto) per le stazioni della RGRA (i valori sono presi da Cheloni et al., 2010).

I valori più alti sono stati osservati presso la stazione dell'Aquila (AQRA), con spostamenti di 0.5, -6.3 e -11.4 cm per le componenti N, E e verticale, rispettivamente. Una mappa con gli spostamenti cosismici osservati sulle stazioni della RGRA è mostrata in **figura 5**.

sito	A <sub>e</sub>	S <sub>e</sub>	A <sub>n</sub>	S <sub>n</sub>	A <sub>u</sub>	S <sub>u</sub>
AQRA	5.2	0.8	-63.2	1.0	-114.1	3.6
ATRA	6.4	0.5	2.3	0.7	2.6	2.3
BLRA	0.5	1.1	-1.3	1.3	-0.1	4.7
CDRA	25.6	0.5	10.7	0.5	-0.8	1.9
FRRA	3.5	0.4	0.6	0.5	3.0	1.8
MTRA	3.6	0.4	-1.9	0.5	-1.5	1.9
OCRA	-8.6	0.8	-7.3	1.0	2.2	3.6
OTRA	-1.0	0.7	0.8	0.8	0.6	2.7
OVRA	-6.5	0.8	4.0	0.9	-4.1	3.4
SCRA	5.6	0.4	-0.8	0.5	1.3	1.9
SMRA	0.8	0.4	0.3	0.5	-7.3	1.7
VCRA	2.3	0.5	6.4	0.6	-2.1	2.3

**Tabella 1:** spostamenti cosismici registrati sulle stazioni GPS permanenti della RGRA in seguito all'evento sismico del 6 aprile 2009 (da Cheloni et al., 2010). I valori A<sub>e</sub> , A<sub>n</sub> , A<sub>u</sub> indicano, rispettivamente, gli spostamenti sulla componente Nord, Est e Up (in mm), i valori S<sub>e</sub> , S<sub>n</sub> , S<sub>u</sub> le relative incertezze.

E' importante sottolineare inoltre che, in seguito ad un terremoto di magnitudo moderata come quello avvenuto il 6 aprile 2009 all'Aquila sono stati anche osservati movimenti postsismici che avvengono in seguito al terremoto per fenomeni di afterslip o di riassetto del mezzo all'interno del quale è avvenuta la rottura cosismica (Cheloni et al., 2010). La velocità degli spostamenti postsismici varia in funzione del tempo trascorso dall'evento sismico, ed i movimenti maggiori generalmente si osservano nei primi giorni successivi all'evento. Tali movimenti proseguono poi nel tempo, diminuendo gradualmente di intensità (si vedano ad esempio le serie temporali di AQRA, che mostra il segnale postsismico più evidente).



**Figura 5:** mappa degli spostamenti cosismici orizzontali (in alto) e verticali (in basso) osservati sulle stazioni GPS permanenti in area abruzzese (da Cheloni et al., 2010). E' inoltre mostrata la sismicità registrata dal CNT-INGV nei primi mesi della sequenza sismica dell'aquilano ((fonte: <http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp> ). La stella arancione indica l'epicentro del 6 aprile 2009.



Per maggiori dettagli sui movimenti cosismici e postsismici osservati e sulle loro implicazioni in termini di sorgente sismica si rimanda a Cheloni et al. (2010).

## Conclusioni

Le 18 stazioni della Rete GPS Permanente della Regione Abruzzo mostrano generalmente una buona qualità del dato ed un buon funzionamento nel tempo delle stazioni. I dati rinex giornalieri con campionamento a 30 secondi forniti quotidianamente dalla rete RGRA sono risultati estremamente utili, e continueranno ad esserlo in futuro, anche per studi a carattere scientifico. La distribuzione spaziale delle stazioni della RGRA è infatti complementare alle stazioni GPS permanenti della RING dell'INGV nel territorio abruzzese, permettendo così di definire con maggior coerenza il campo di velocità a scala regionale. I dati delle stazioni della RGRA hanno inoltre permesso di acquisire maggiori informazioni riguardo all'evento sismico del 6 aprile 2009. L'analisi delle velocità orizzontali ha confermato l'estensione in atto in Abruzzo, per quanto riguarda le deformazioni a scala regionale. L'efficace collaborazione sviluppata tra CNT-INGV e Regione Abruzzo all'interno della Convenzione in atto, permette di proseguire nel tempo il monitoraggio geodetico e sismico a scala regionale delle deformazioni in atto nel territorio abruzzese. Per poter aumentare il dettaglio e poter definire le deformazioni alla scala delle singole faglie, sarebbe necessario però avere un'interdistanza minore tra le singole stazioni GPS permanenti. Ci si auspica quindi che la collaborazione tra CNT-INGV e Regione Abruzzo aumenti nel tempo, permettendo di ottenere un'adeguata copertura spaziale per il monitoraggio geodetico e sismico dell'intero territorio abruzzese.

Concludendo, la collaborazione tra CNT-INGV ed i gestori della Rete GPS Permanente della Regione Abruzzo all'interno della convenzione-quadro tra Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e Regione Abruzzo, ha permesso di definire il campo di velocità e la deformazione intersismica e cosismica presente nell'area abruzzese, integrando in modo ottimale i dati resi disponibili dalla rete RGRA, dalla RING e dalle altre reti GPS presenti nel territorio abruzzese.

## **Riferimenti bibliografici**

Anzidei M., E. Boshi, V. Cannelli, R. Devoti, A. Esposito, A. Galvani, D. Melini, G. Pietrantonio, F. Riguzzi, V. Sepe, E. Serpelloni (2009), *Coseismic deformation of the destructive April 6, 2009 L'Aquila earthquake (central Italy) from GPS data*, Geoph. Res. Lett., vol. 36, L17307, doi 10.1029/2009GL039145, 2009

Blewitt, G. (2008), *Fixed-point theorems of GPS carrier phase ambiguity resolution and their application to massive network processing: 'Ambizap'*, J. Geophys. Res., vol. 113, B12410, doi:10.1029/2008JB005736

Blewitt G., and D. Lavallée (2002), *Effect of annual signals on geodetic velocity*, J. Geophys. Res., 107 (B7), 2145, doi:10.1029/2001JB000570.

D. Cheloni, N. D'Agostino, E. D'Anastasio, A. Avallone, S. Mantenuto, R. Giuliani, M. Mattone, S. Calcaterra, P. Gambino, D. Dominici, F. Radicioni, G. Fastellini (2010), *Coseismic and initial postseismic slip of the 2009 Mw 6.3 l'Aquila earthquake, Italy, from GPS measurements*, Geophysical Journal International, fast track paper, doi 10.1111/j.1365-246X.2010.04584.x

D'Agostino N., A. Avallone, D. Cheloni, E. D'Anastasio, S. Mantenuto, G. Selvaggi (2008), *Active tectonics of the Adriatic region from GPS and earthquake slip vectors*, J. Geophys. Res., 113, B12413, doi:10.1029/2008JB005860.

### **Reti GPS permanenti:**

ASI: [http://geodaf.mt.asi.it/html\\_old/index.html](http://geodaf.mt.asi.it/html_old/index.html)

EUREF: <http://www.epncb.oma.be/>

FREDNET: <http://www.crs.inogs.it/frednet/EnglishSite/XFReDNetHomeENG.htm>

FVG: <http://www.regione.fvg.it>

IGS: <http://igscb.jpl.nasa.gov/>

ITALPOS: <http://www.italpos.it/>

OLG: <http://gps.iwf.oeaw.ac.at/>

RENAG: <http://webrenag.unice.fr/>

RGRA: <http://gpsnet.regione.abruzzo.it/>

RGRA: <http://gpsnet.regione.abruzzo.it/>

RGRP: <http://gps.sit.puglia.it/>

RING: <http://ring.gm.ingv.it>

SOPAC: <http://sopac.ucsd.edu/>

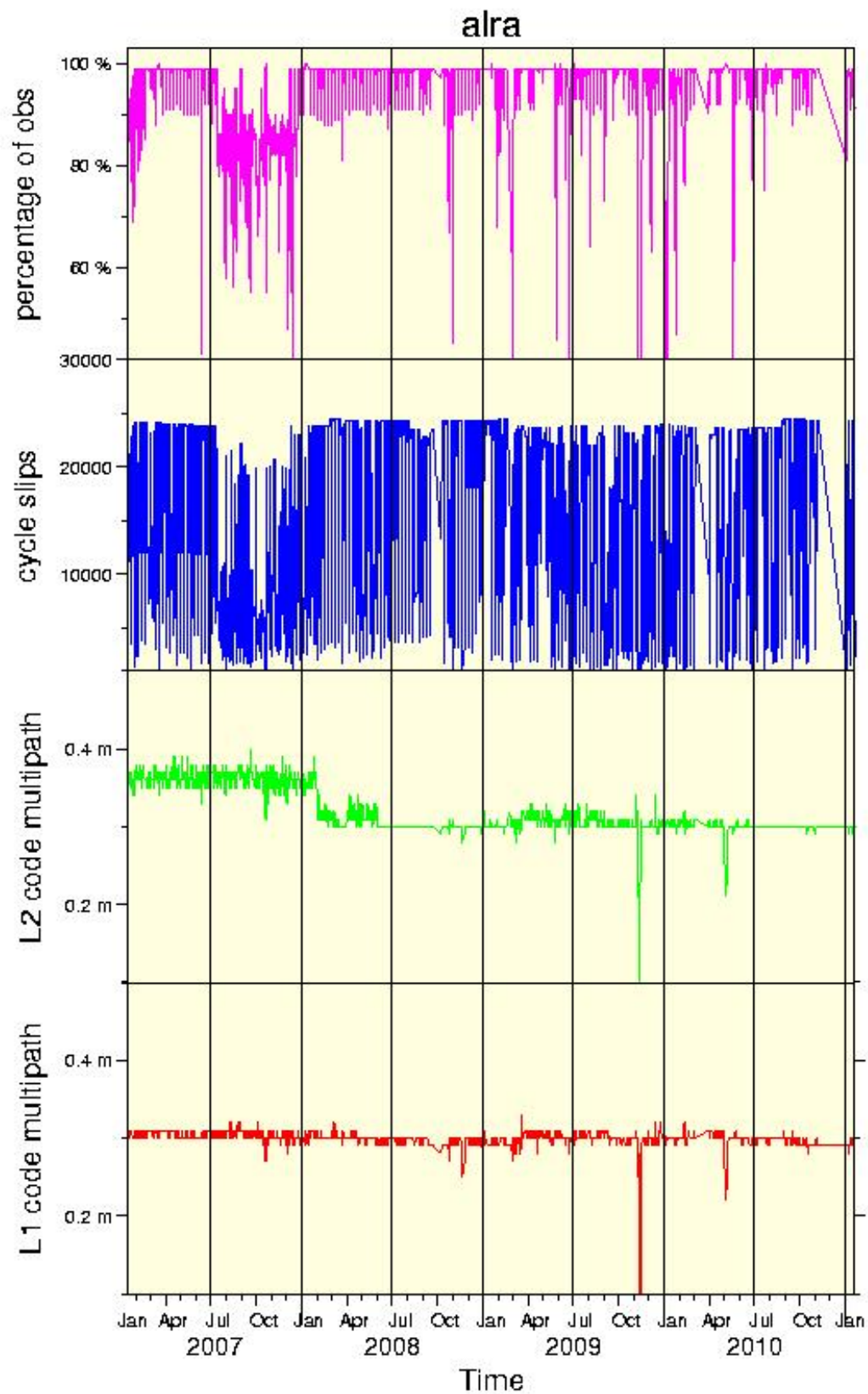
TRIGNET: <http://www.trignet.co.za/>

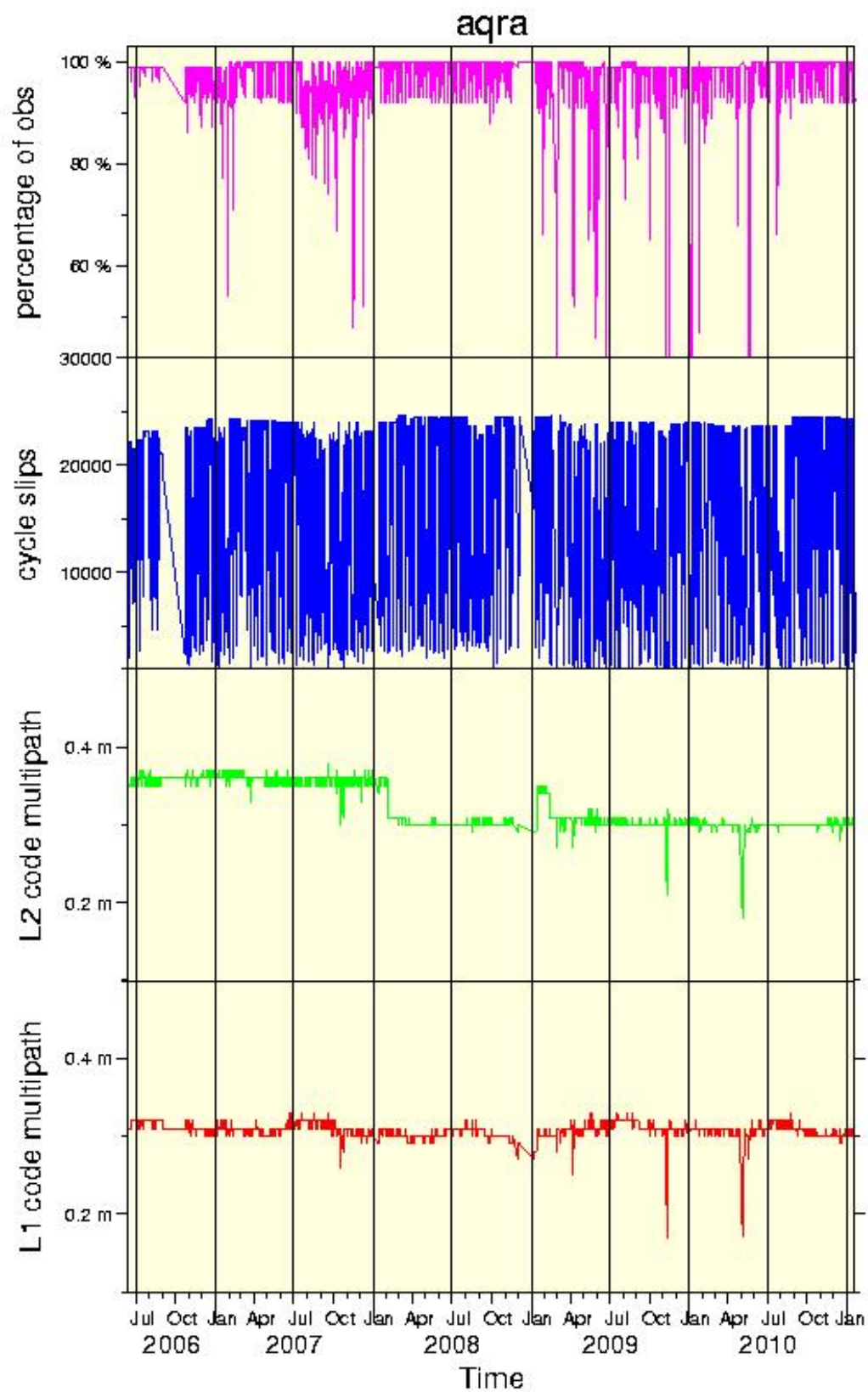


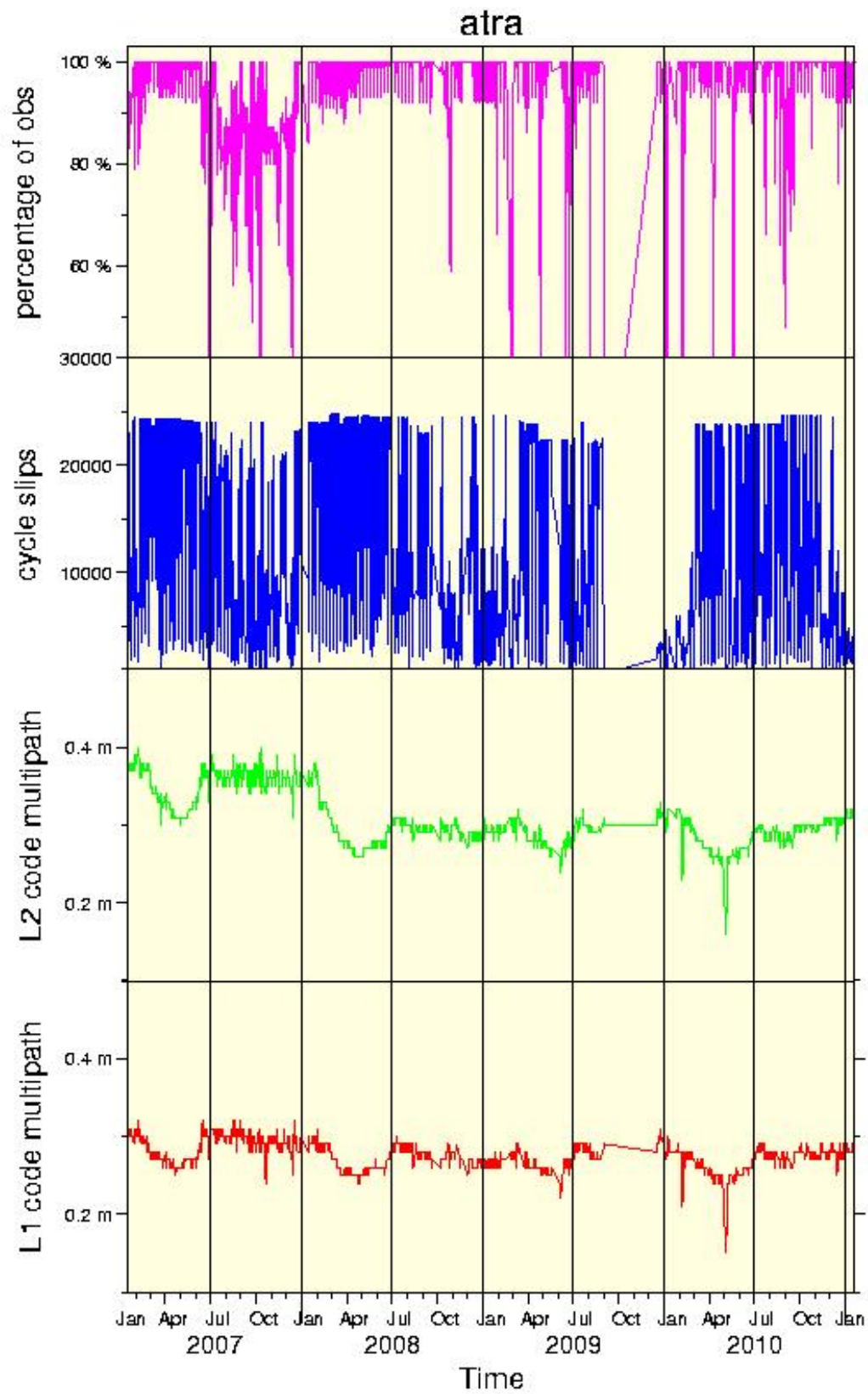
## Allegato 1

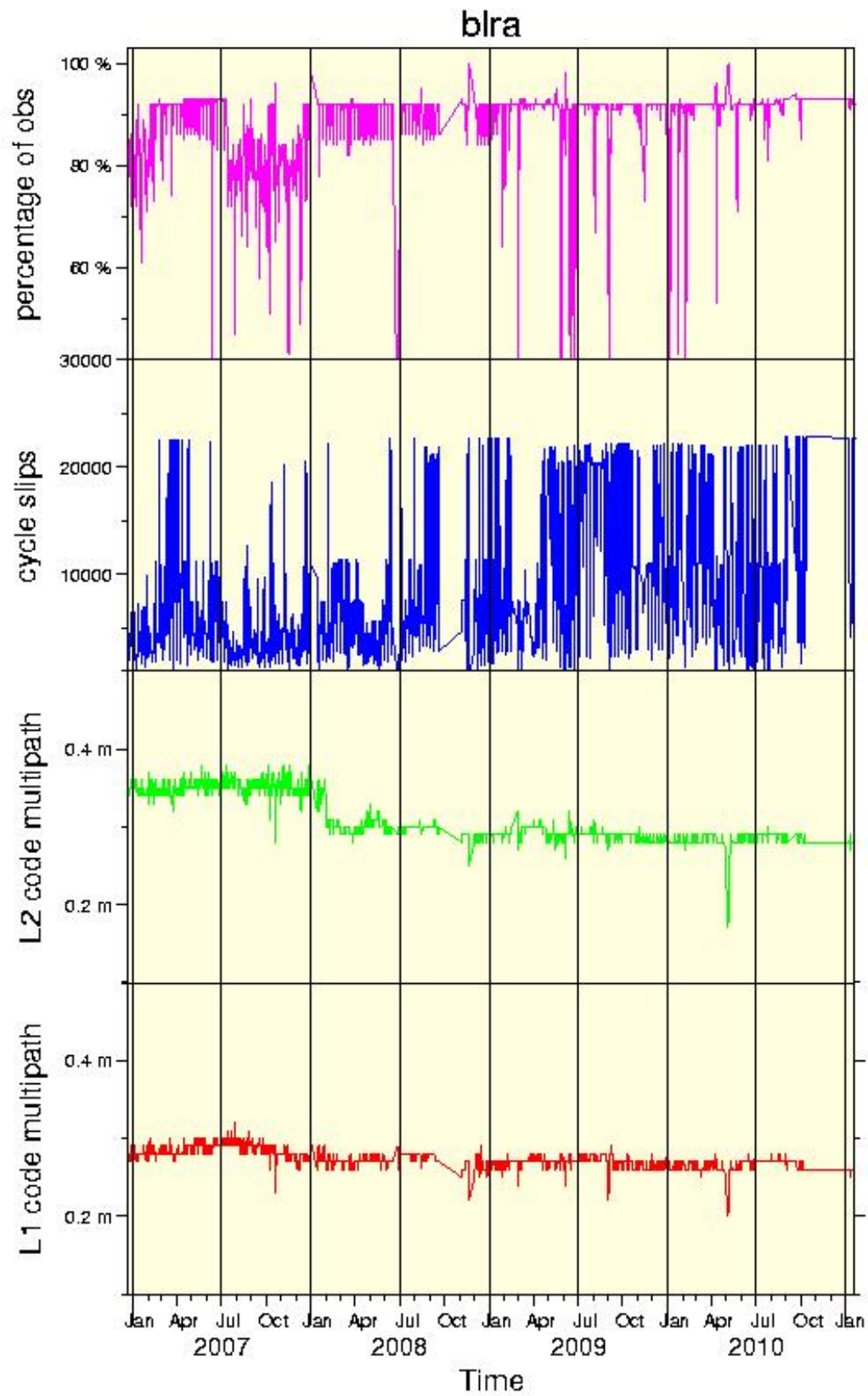
### ***Grafici di qualità delle stazioni della Rete GPS Permanente della Regione Abruzzo***

Per ogni sito sono mostrati i valori giornalieri dei parametri derivanti dal qualità check (calcolato utilizzando il software TEQC (<http://facility.unavco.org/software/teqc/teqc.html>)). In rosa è mostrata la percentuale delle osservazioni (percentage of obs), in blu i cycle slips, in verde i valori di mp2 (L2 code multipath) ed in rosso i valori di mp1 (L1 code multipath). I valori sono calcolati utilizzando i rinex giornalieri con intervallo di campionamento a 30 secondi delle stazioni della RGRA.

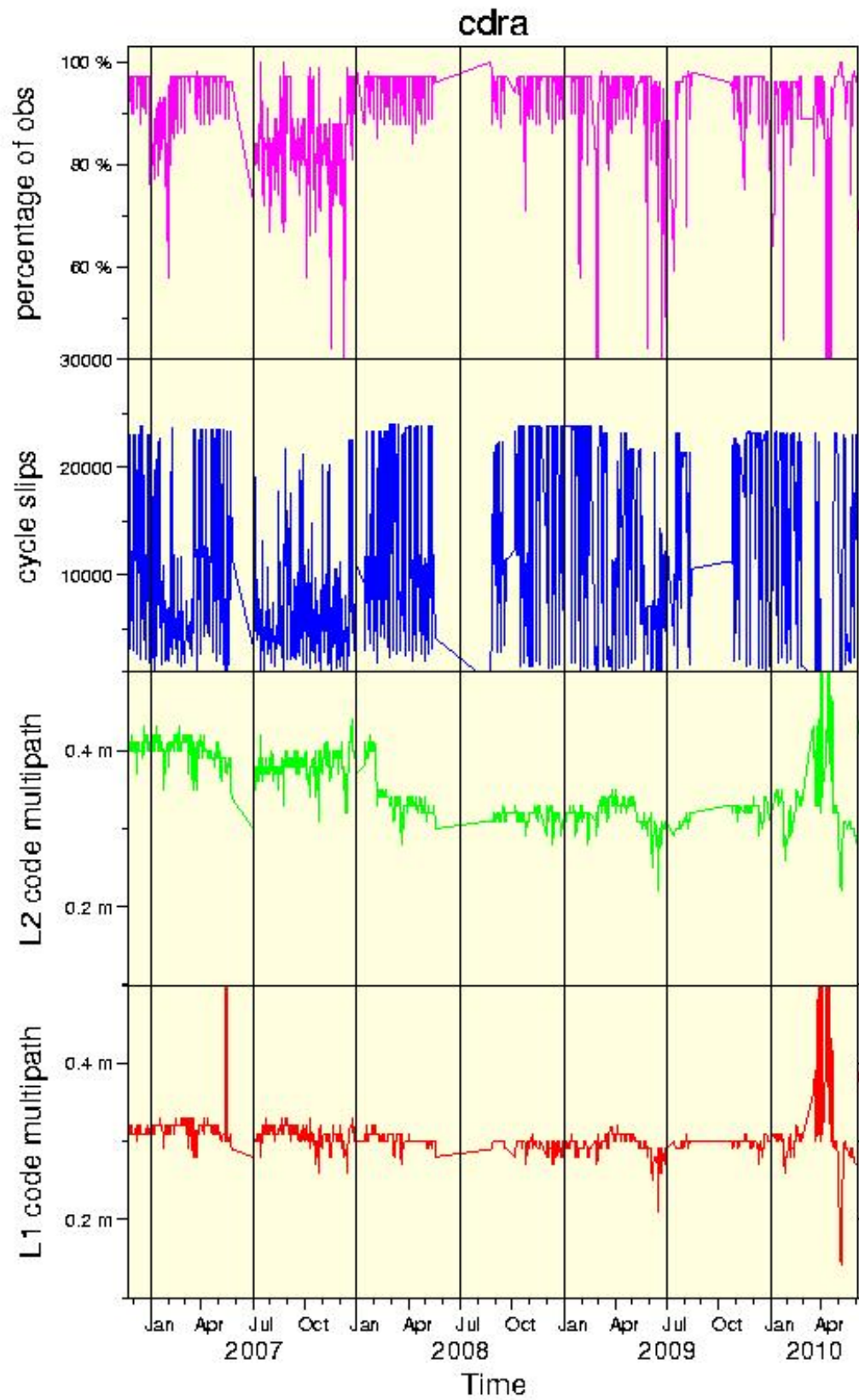




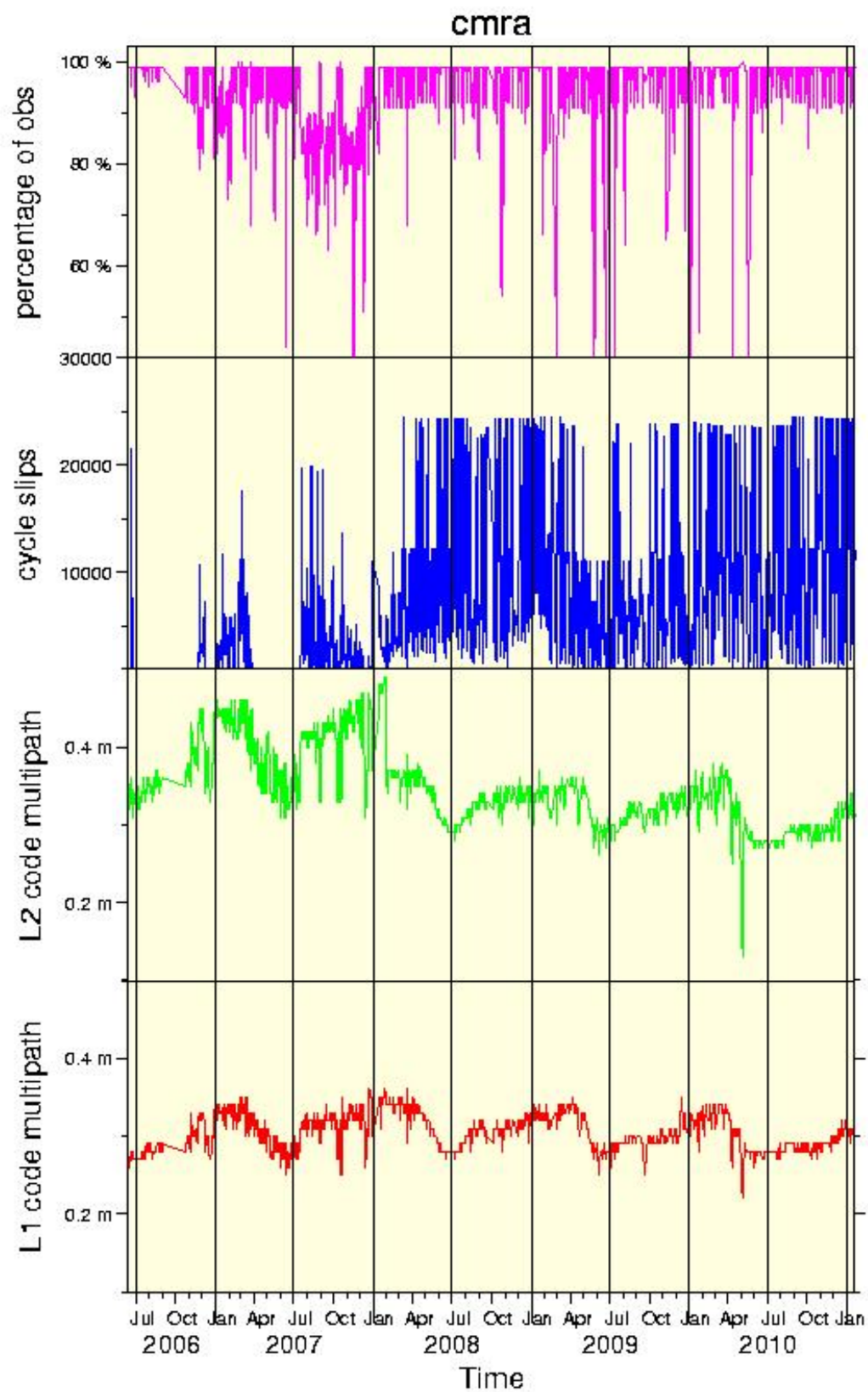


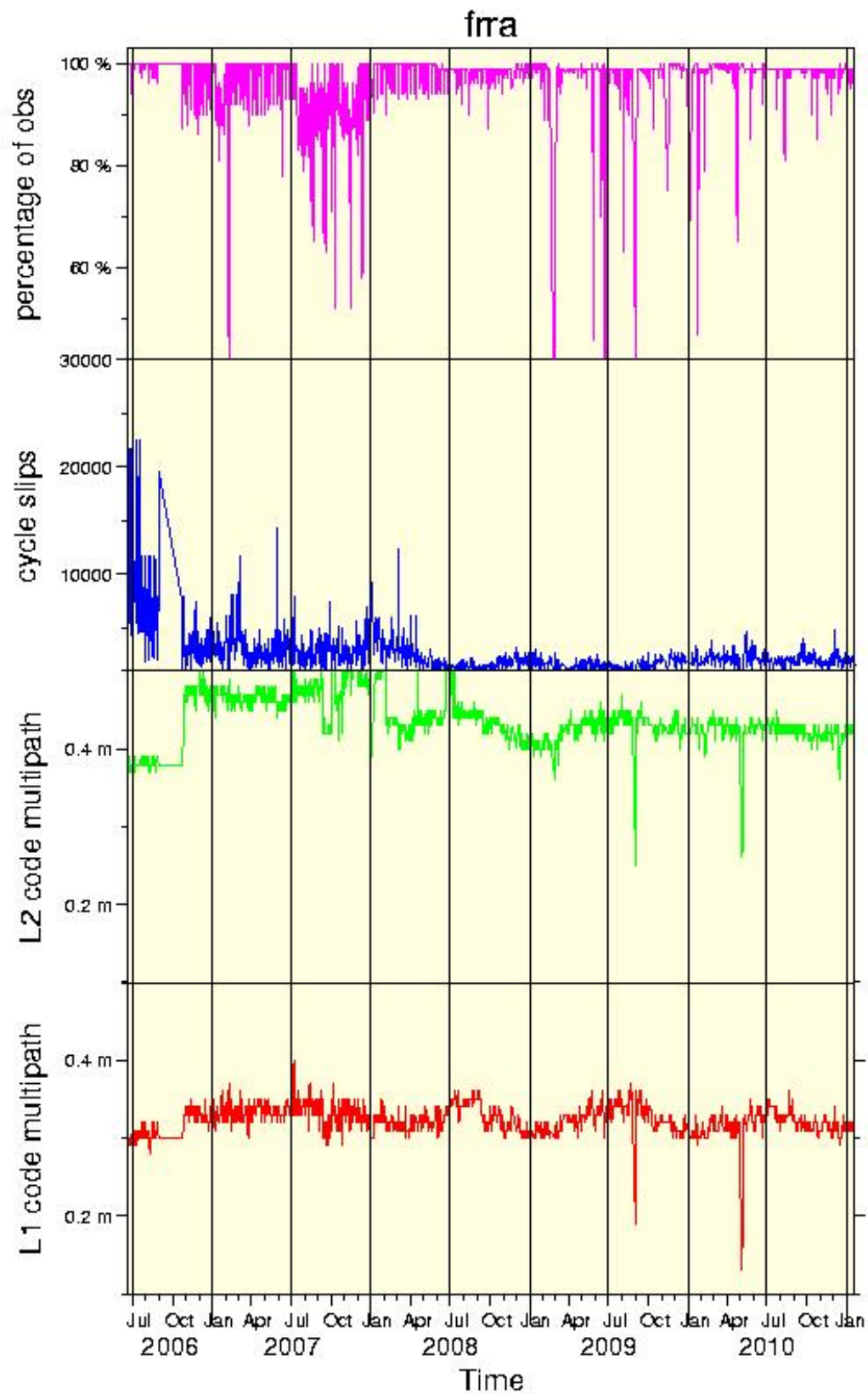


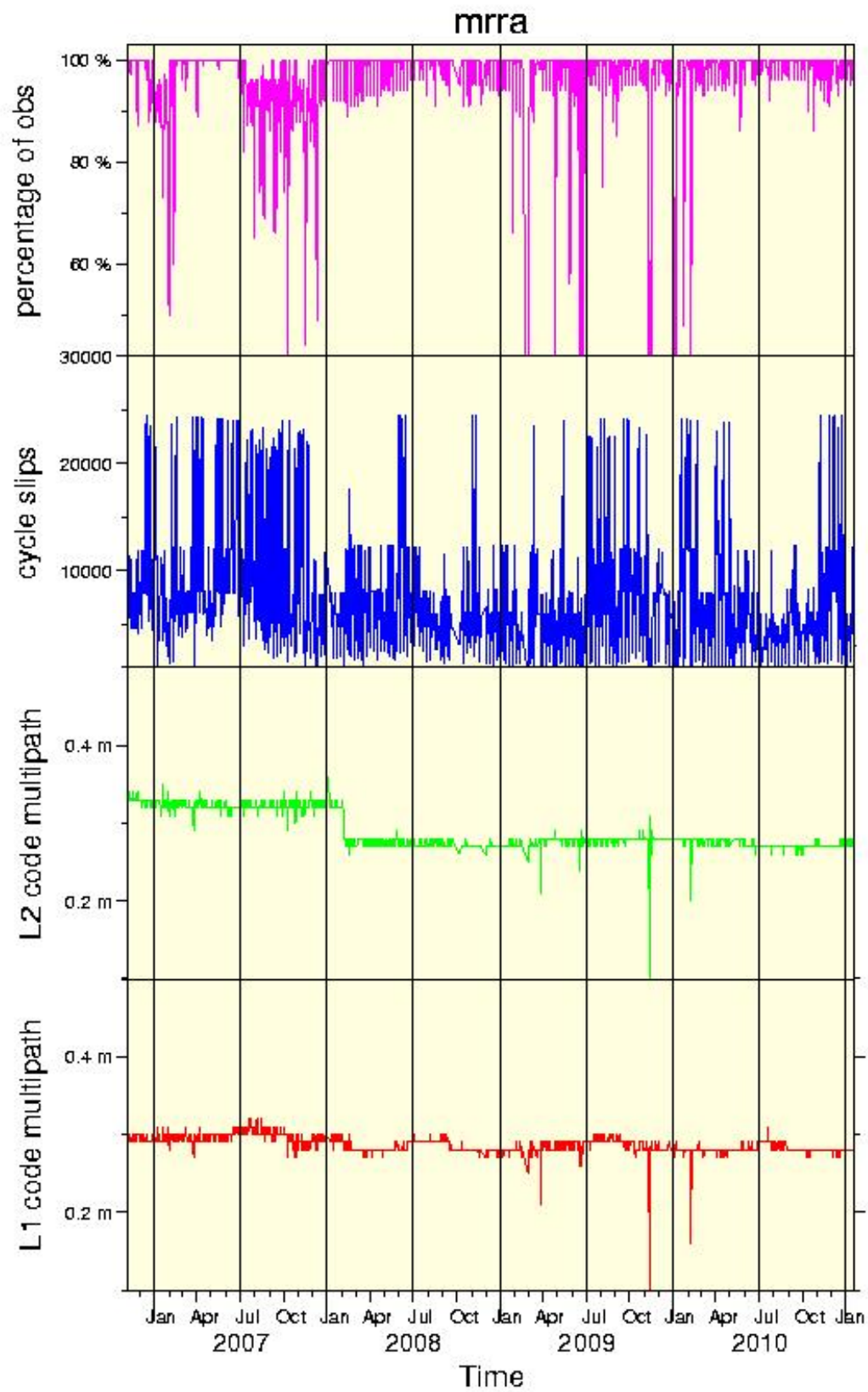


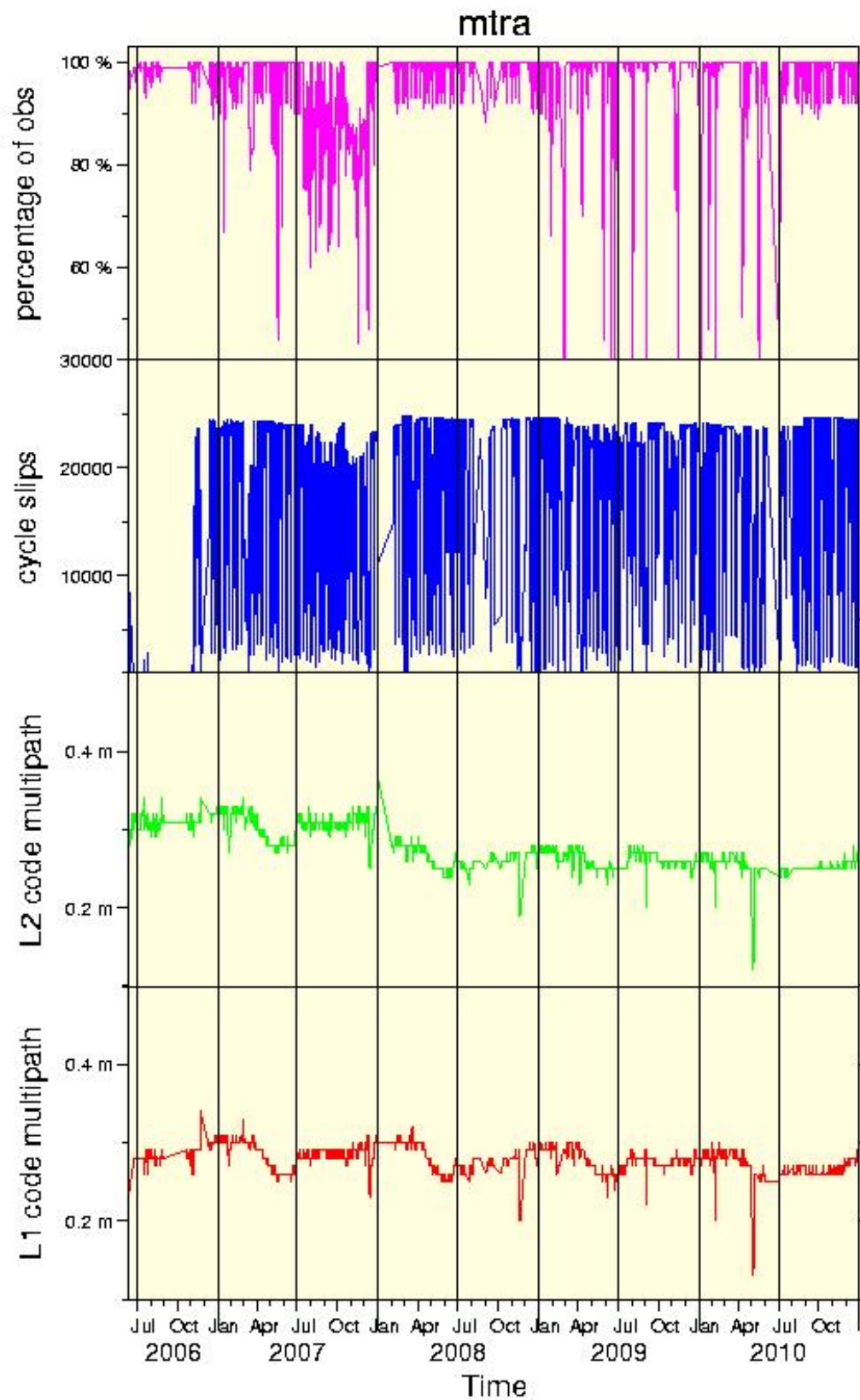


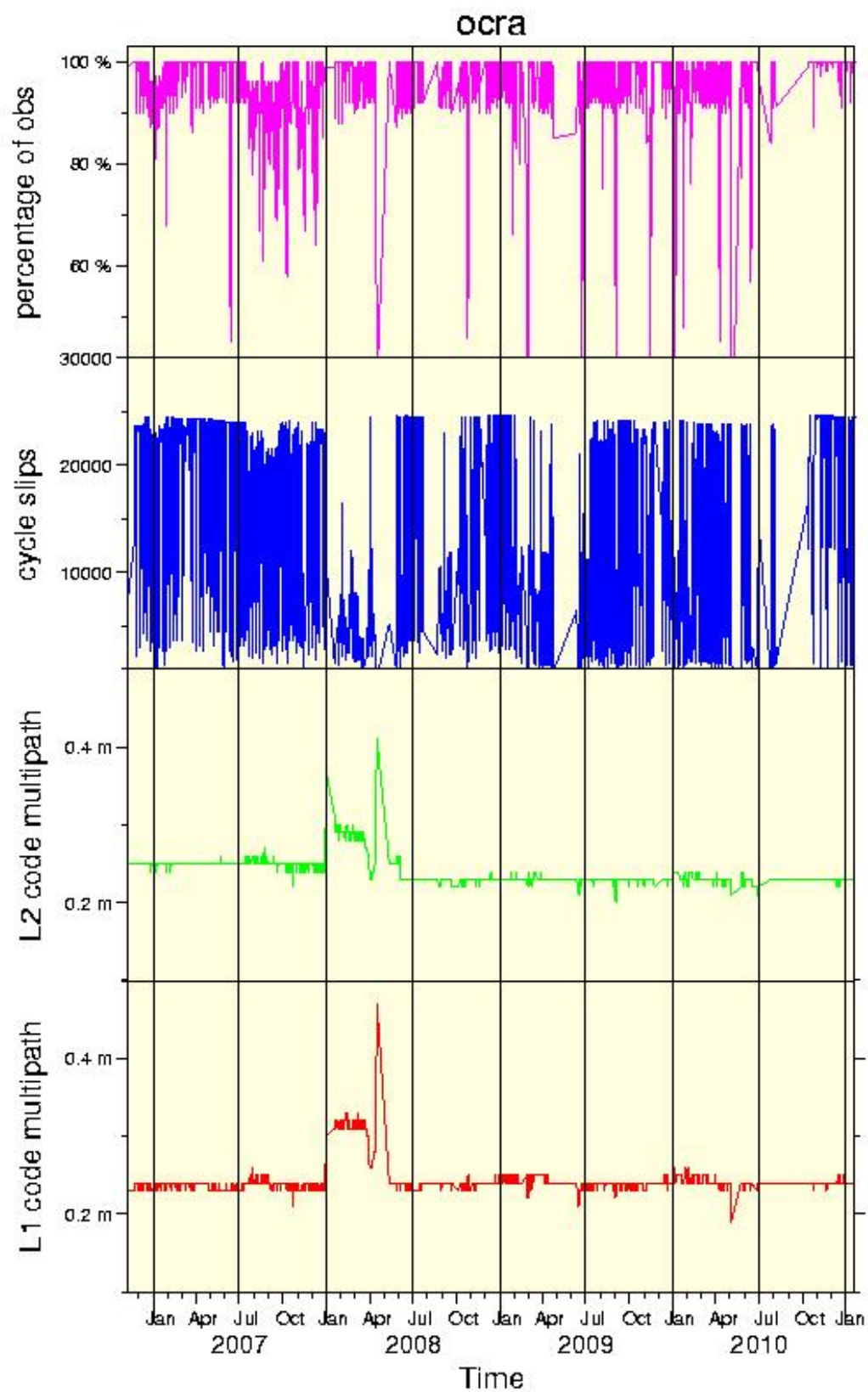




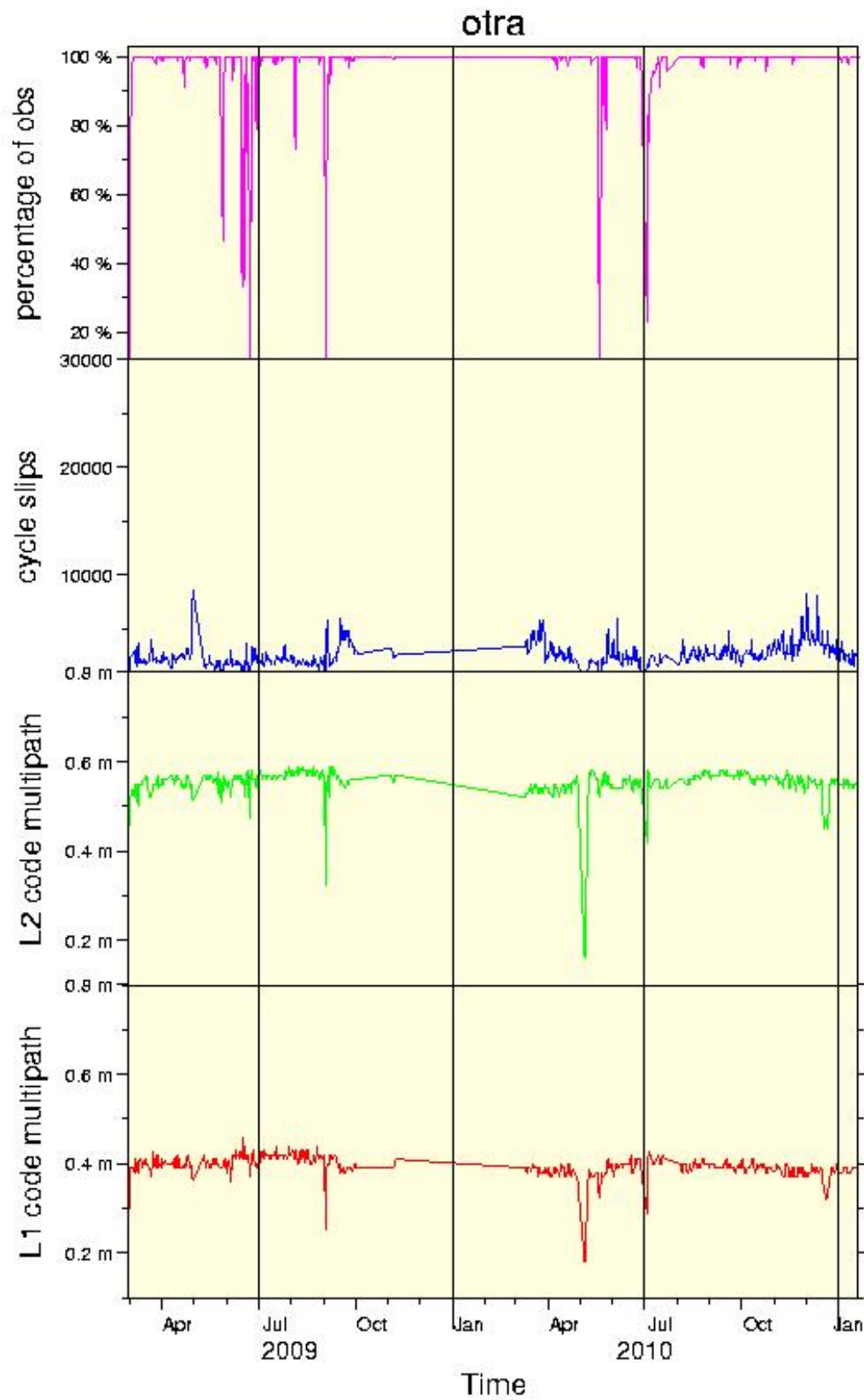




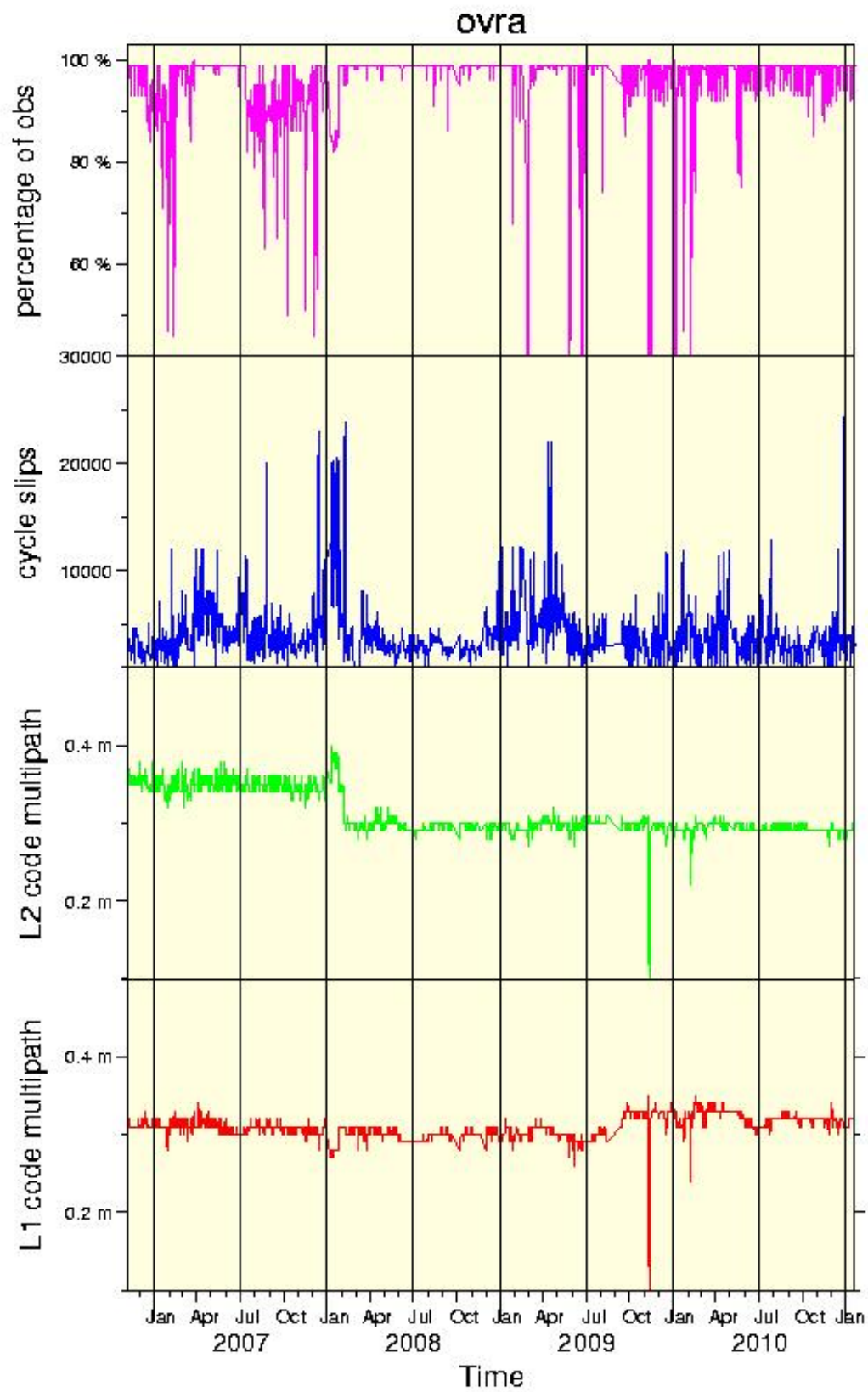


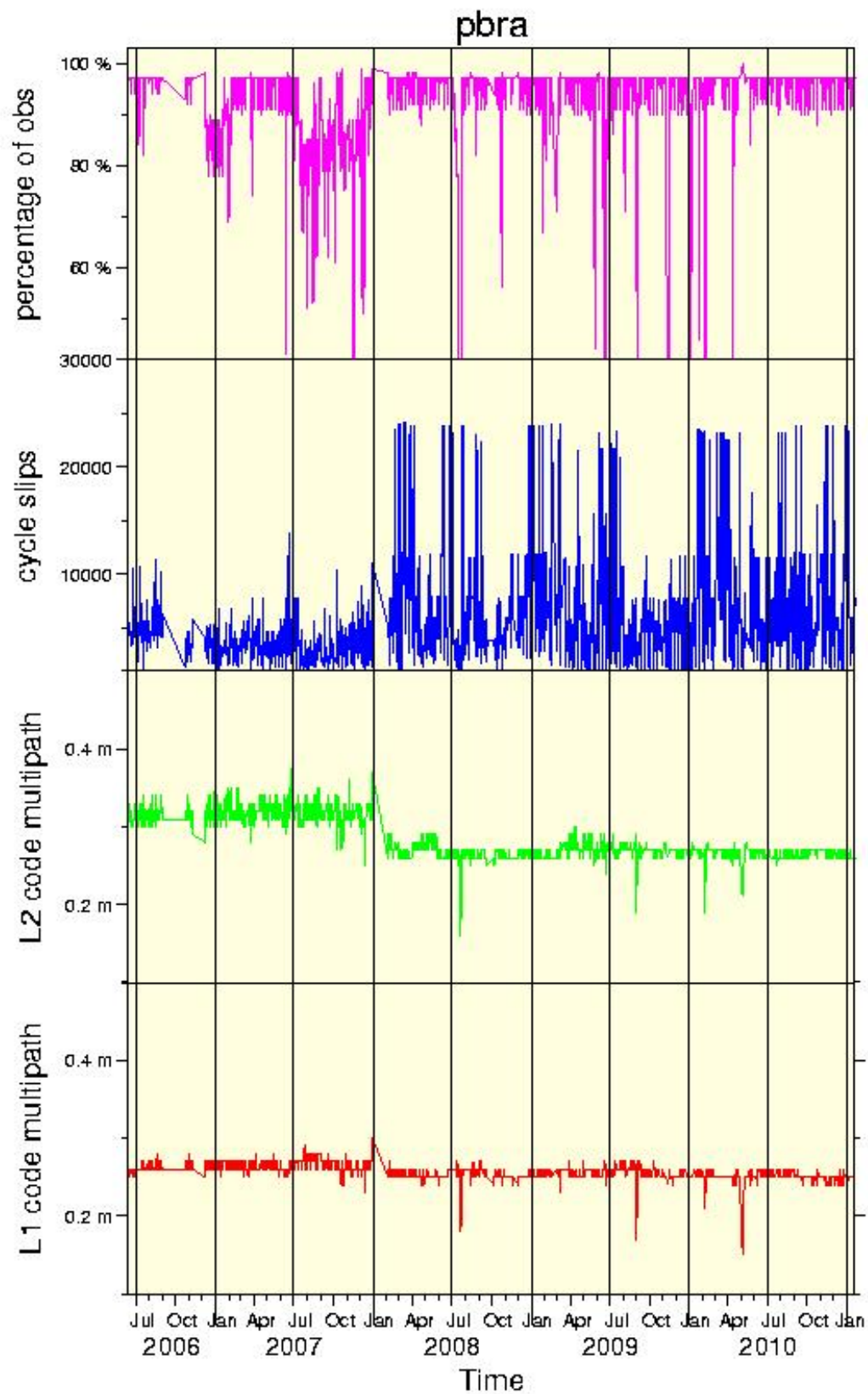


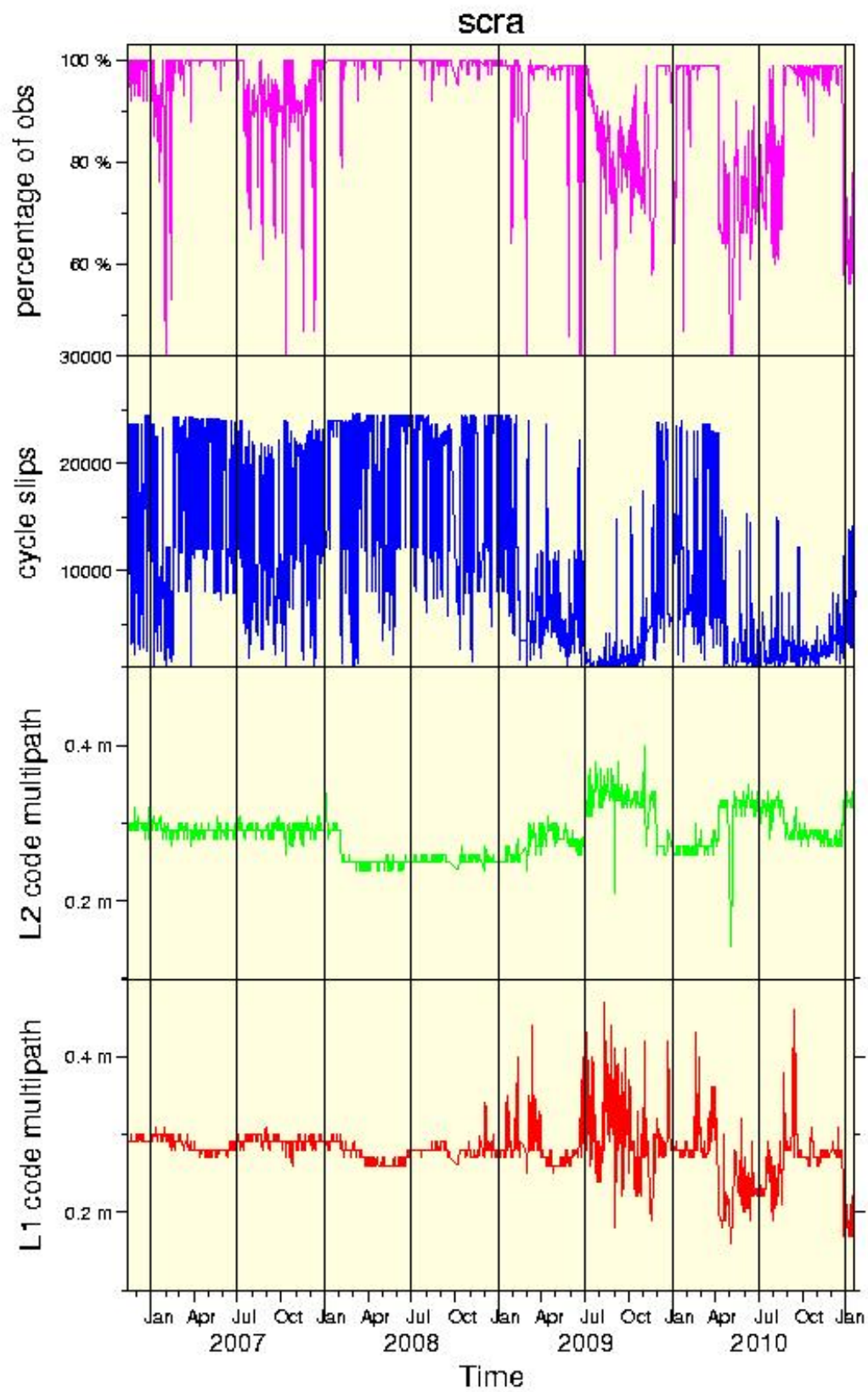


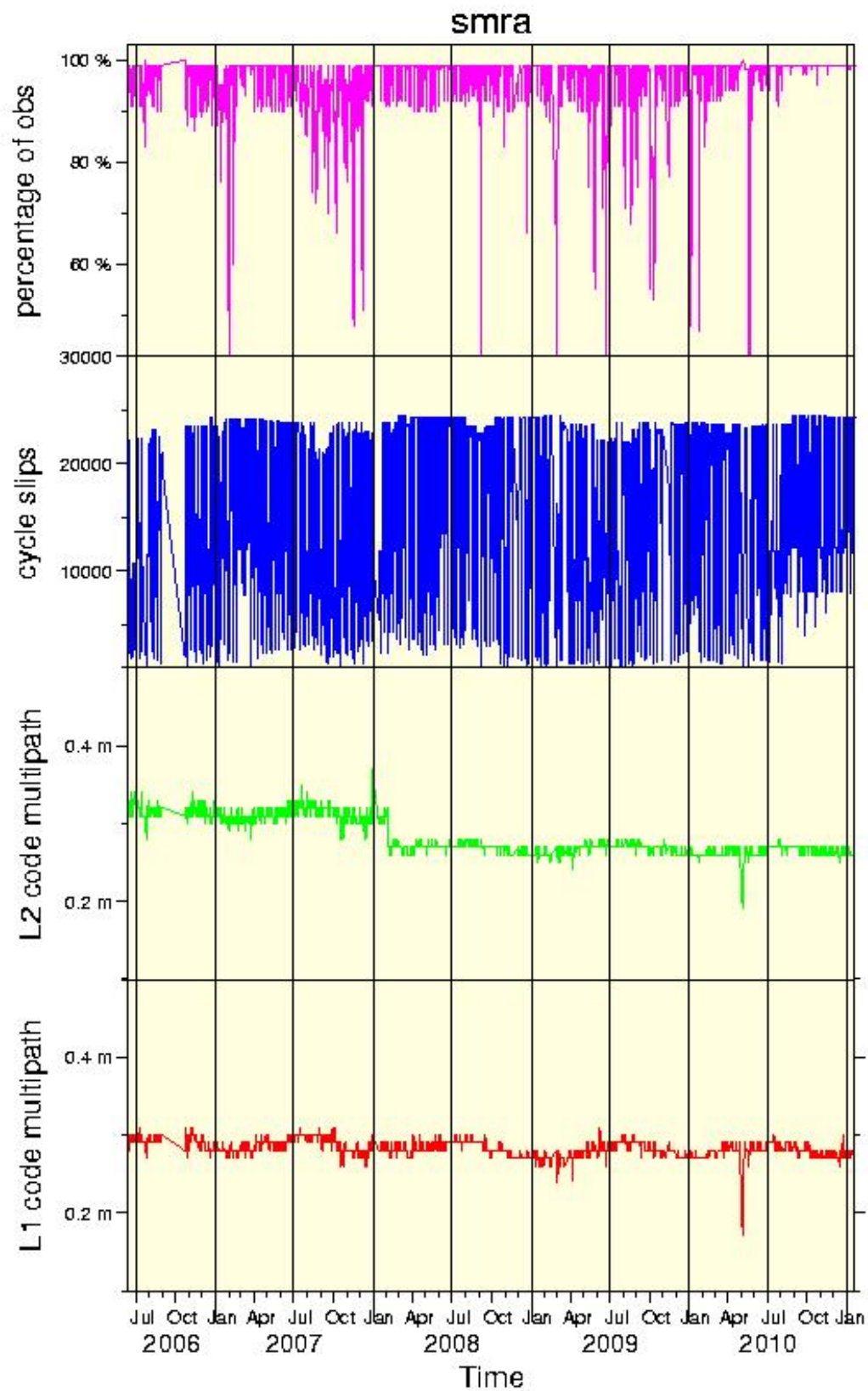


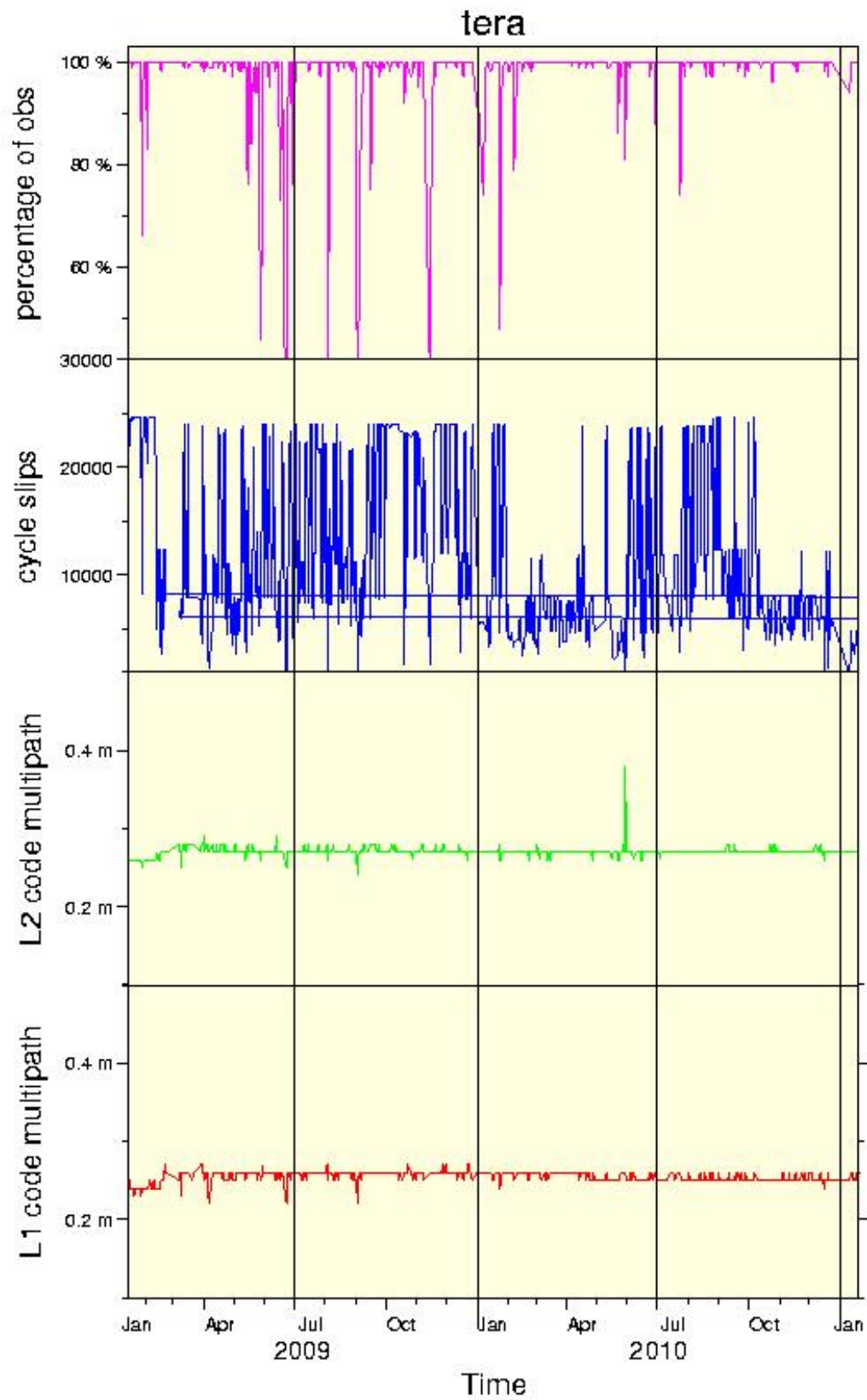




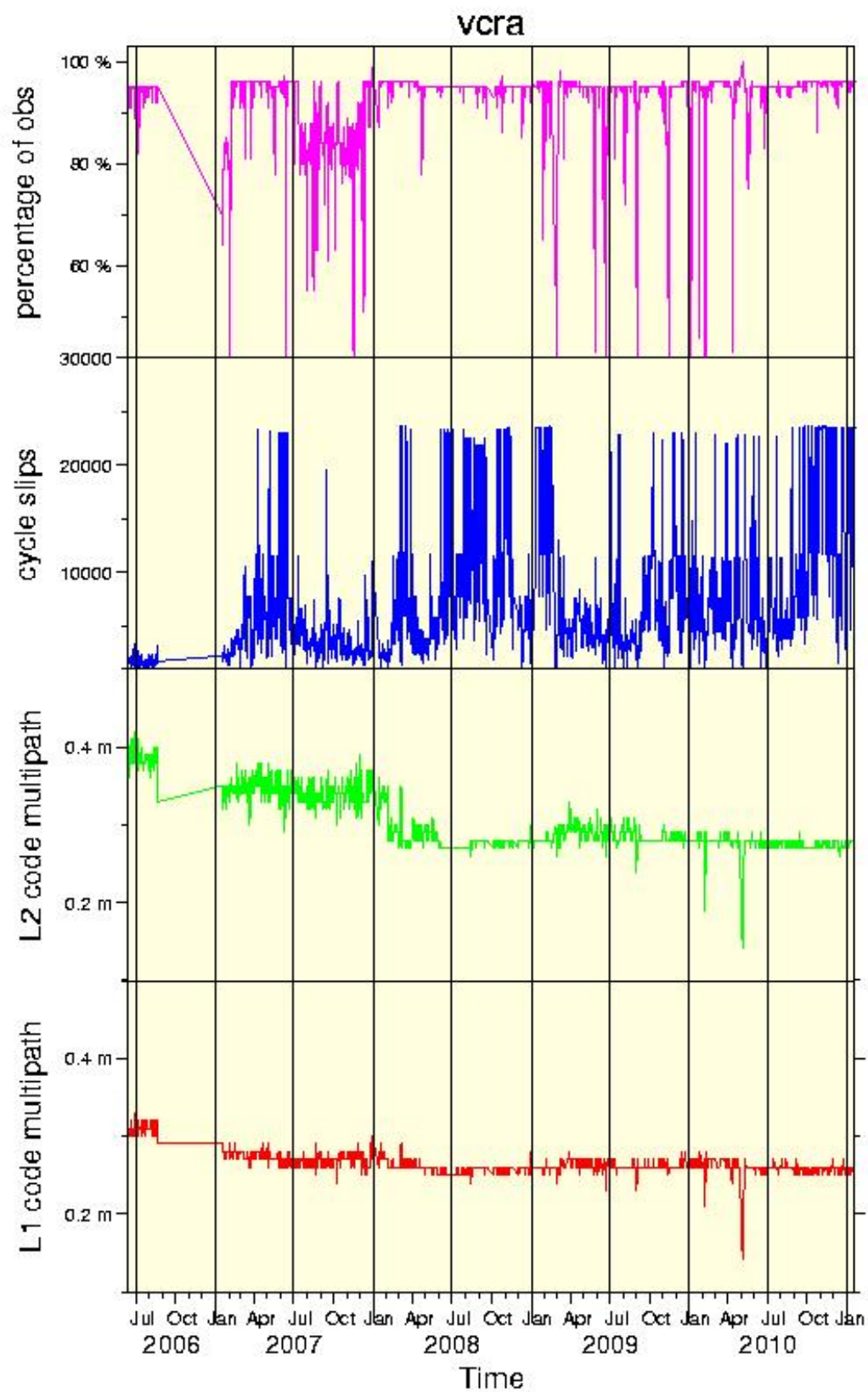




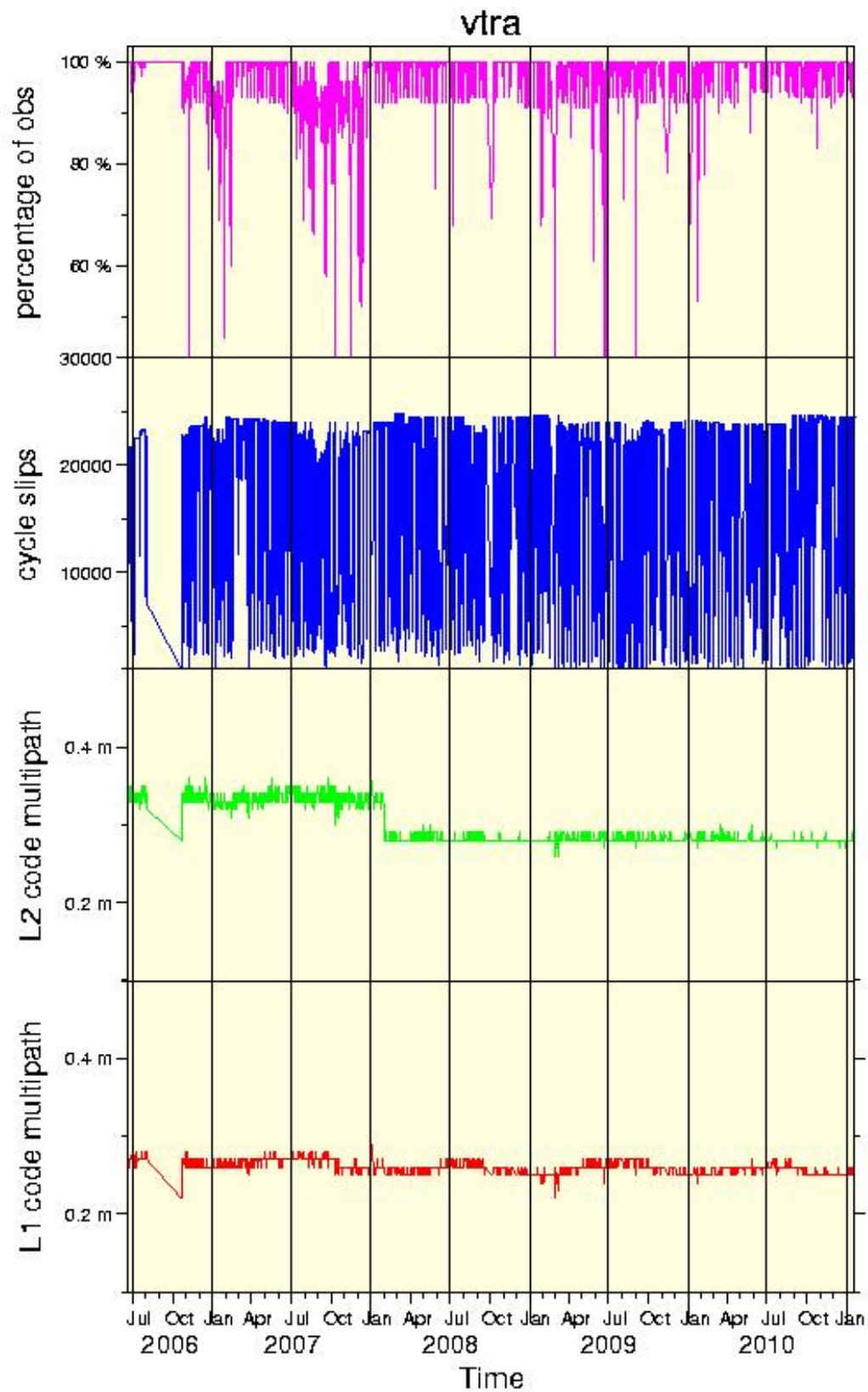












## Allegato 2

### ***Serie temporali delle stazioni della Rete GPS Permanente della Regione Abruzzo***

Per ogni sito sono mostrate le soluzioni giornaliere (cerchi rossi), rispetto al sistema di riferimento ITRF2005, per la componente N-S (Lat), E-W (Lon) e verticale (Up), con la relativa incertezza. La curva verde mostra la polinomiale che meglio fitta la serie temporale ottenuta tramite il software CATS (Williams, 2008). Nell'intestazione di ogni figura sono indicati il tempo che intercorre tra la prima e l'ultima soluzione giornaliera (Time Span, anni), il numero di soluzioni giornaliere (N) e la posizione nominale in coordinate geocentriche (XYZ). Per ogni componente, all'interno del grafico, sono indicati i valori di velocità (rate) e di incertezza formale stimati, gli outliers (in numero e in percentuale, indicati nel grafico dai pallini rossi con cerchio blu), il relativo scarto quadratico medio (RMS) e quello ponderato (WRMS) rispetto alla polinomiale (curva verde) che fitta la serie temporale, e i risultati della stima del rumore della serie temporale (Spectral Index, White noise, Coloured noise).

Le barre verticali gialle indicano gli offset legati all'evento sismico del 6 aprile 2009.

N.B. la stazione permanente di TERA è qui rinominata con la sigla TER1.

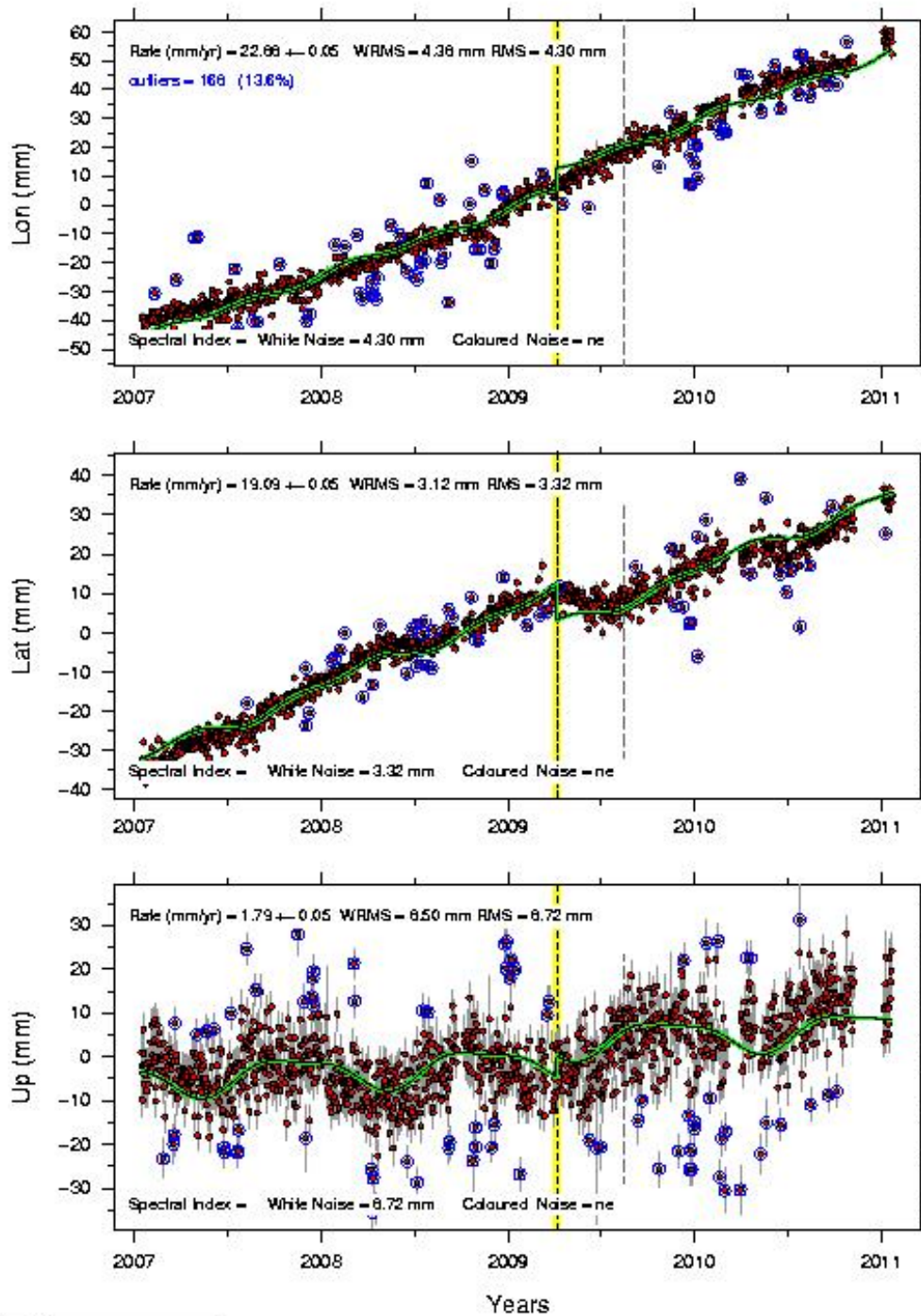


/raid/prod/time\_series/zapnet/itr05

**ALRA**  
(err\_model: white)

Time Span = 4.02 yrs; N= 1232 ; raw/

XYZ (m) = 4625139.8957 1156125.4040 4224241.4414



GM 2011 Feb 2 11:08:21

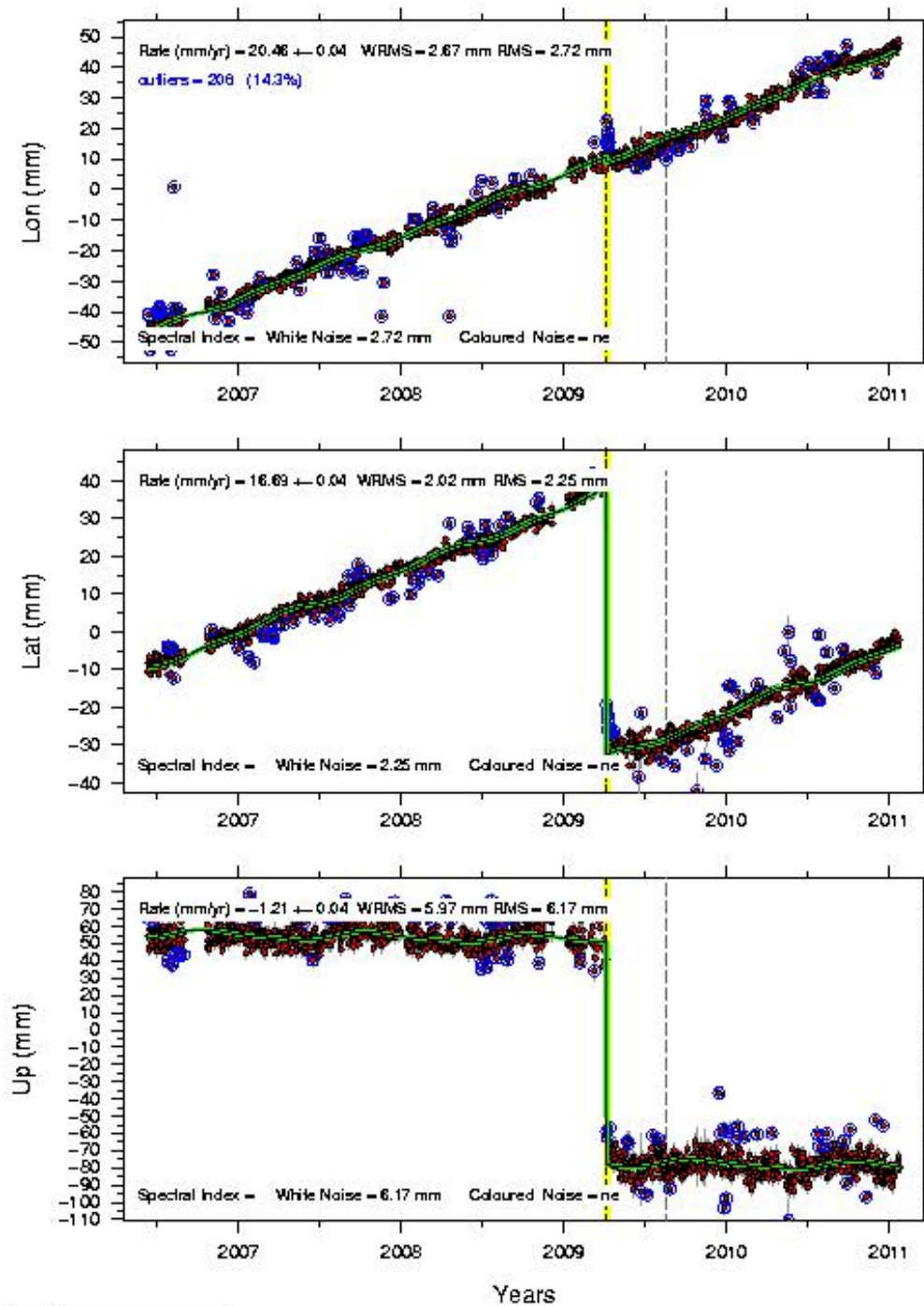
14.034382995 41.733926831 22.86 19.09 0.05 0.05 -0.397 ALRA 4.02 1232

/raid/proctime\_series/zapnet/itr05

**AQRA**  
 (err\_model: white)

Time Span = 4.62 yrs; N= 1448 ; raw/

XYZ (m) = 4592246.7046 1091854.6373 4276220.6504



GN 2011 Feb 2 11:08:23

13.374343447 42.365859859 20.46 16.69 0.04 0.04 0.240 AQRA 4.62 1448



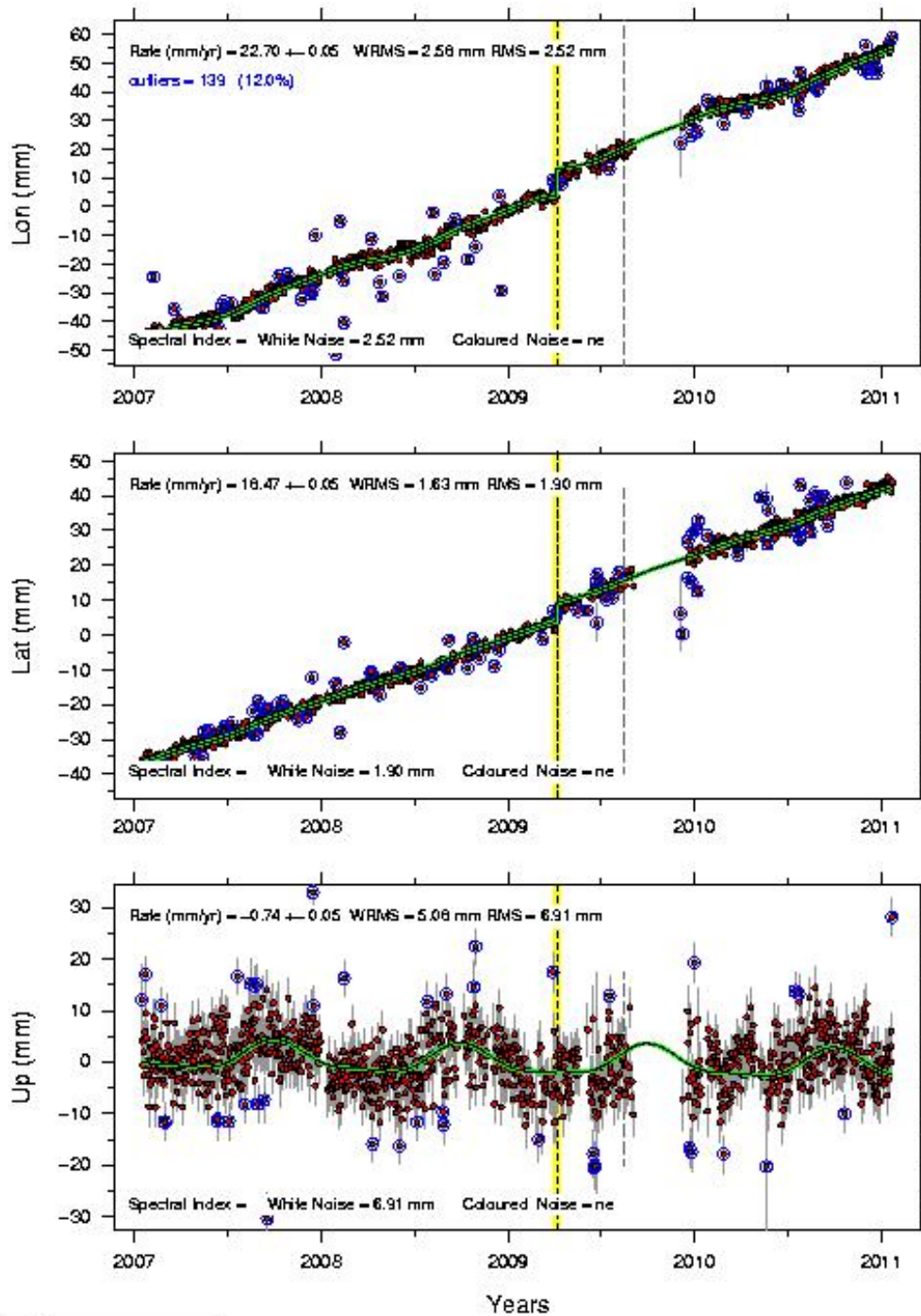


/raid/proctime\_series/zapnet/itr05

**ATRA**  
(err\_model: white)

Time Span = 4.02 yrs; N= 1157 ; raw/

XYZ (m) = 4566167.3752 1139092.5043 4291212.4499



GM 2011 Feb 2 11:08:24

14.007313654 42.551453253 22.70 18.47 0.05 0.05 0.133 ATRA 4.02 1157



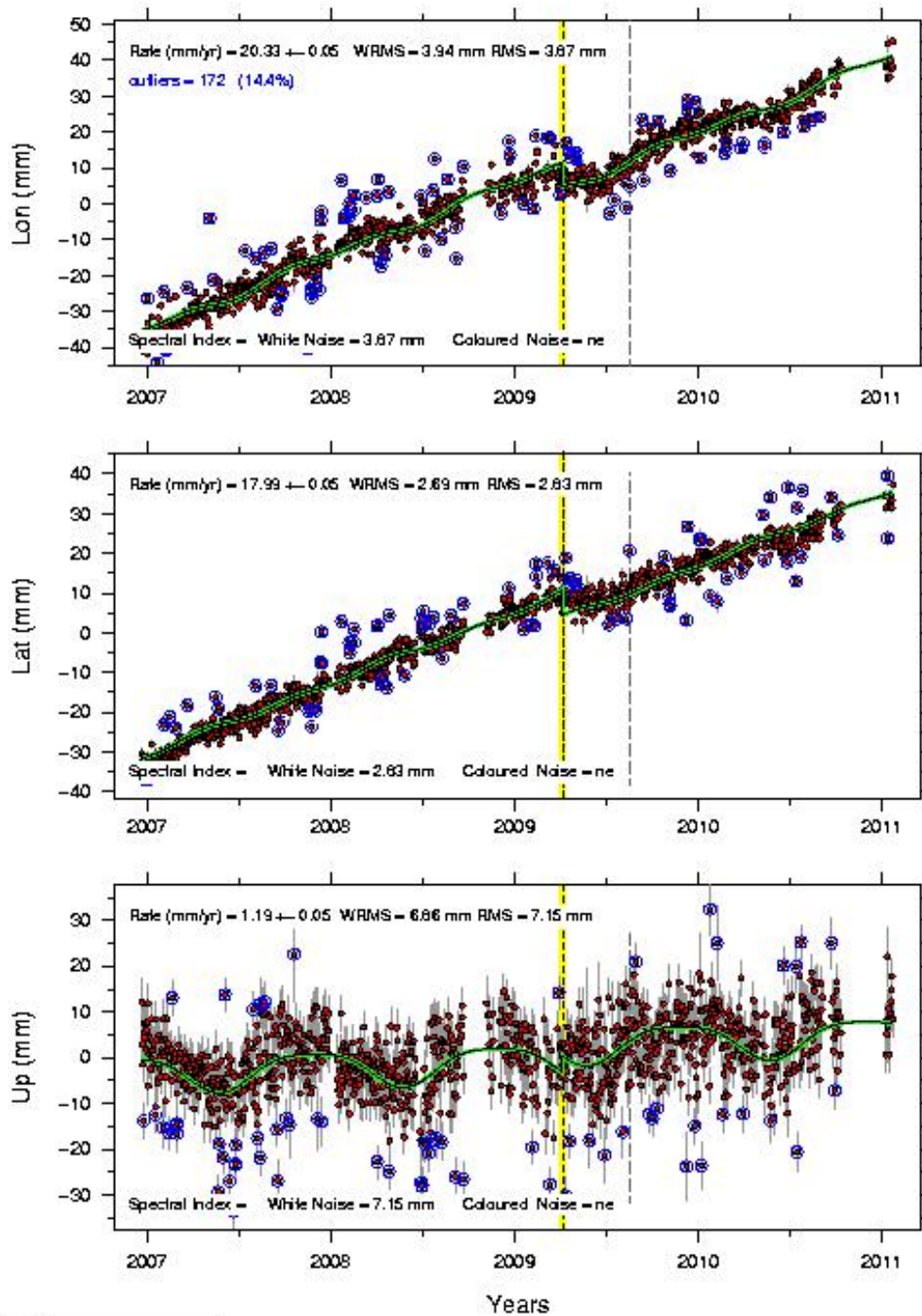


/raid/prod/time\_series/zapnet/itr05

**BLRA**  
(err\_model: white)

Time Span = 4.09 yrs; N= 1191 ; raw/

XYZ (m) = 4628650.3120 1116397.8129 4230205.7717



GMT 2011 Feb 2 11:08:26

13.560344045 41.810347291 20.33 17.99 0.05 0.05 0.402 BLRA 4.09 1191

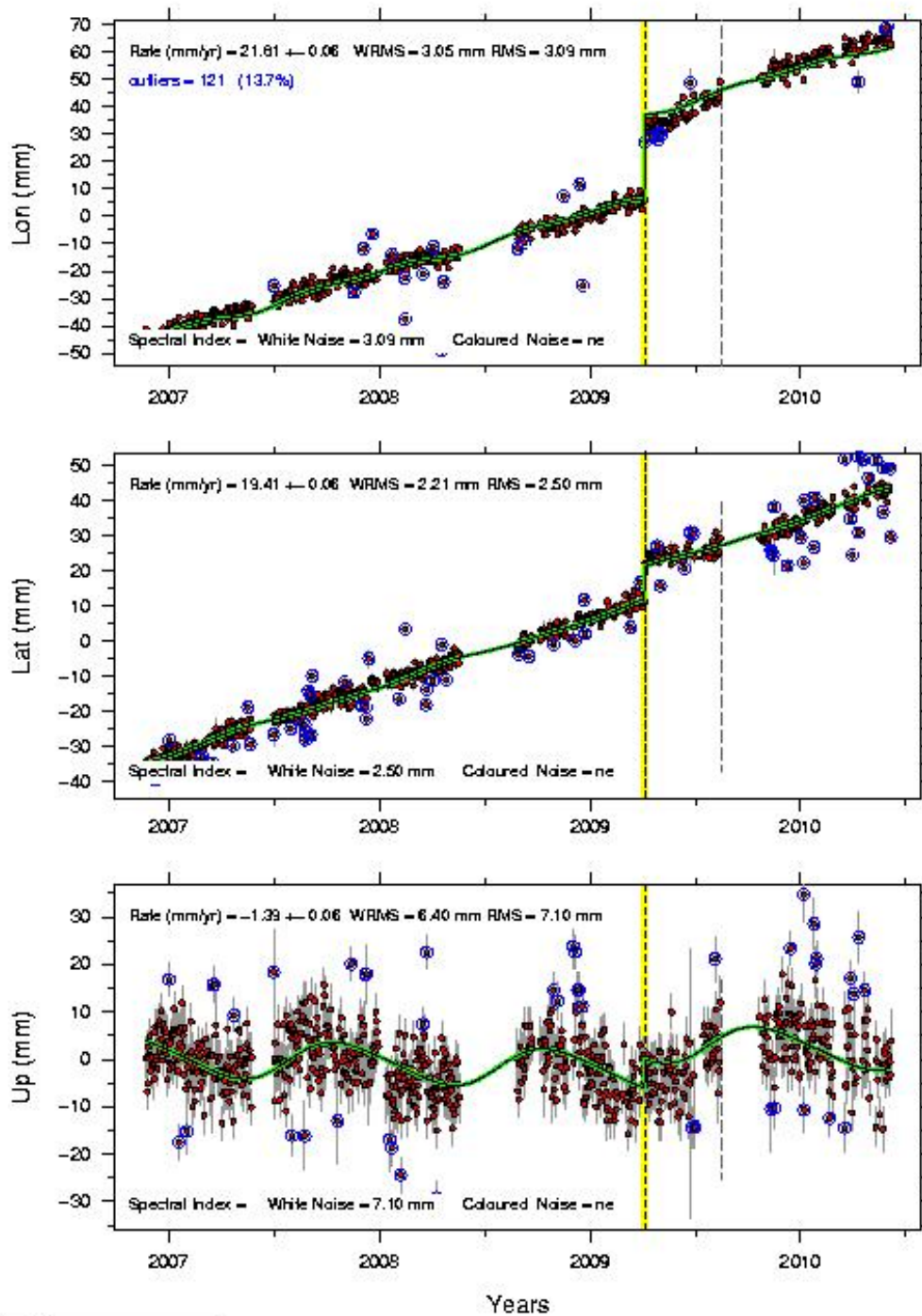


/raid/prod/time\_series/zapnet/itr05

**CDRA**  
(err\_model: white)

Time Span = 3.53 yrs; N= 878 ; raw/

XYZ (m) = 4585932.8195 1119635.4254 4276802.8258



2011 Feb 2 11:08:27

13.720111348 42.367491246 21.81 19.41 0.06 0.06 -0.053 CDRA 3.53 878

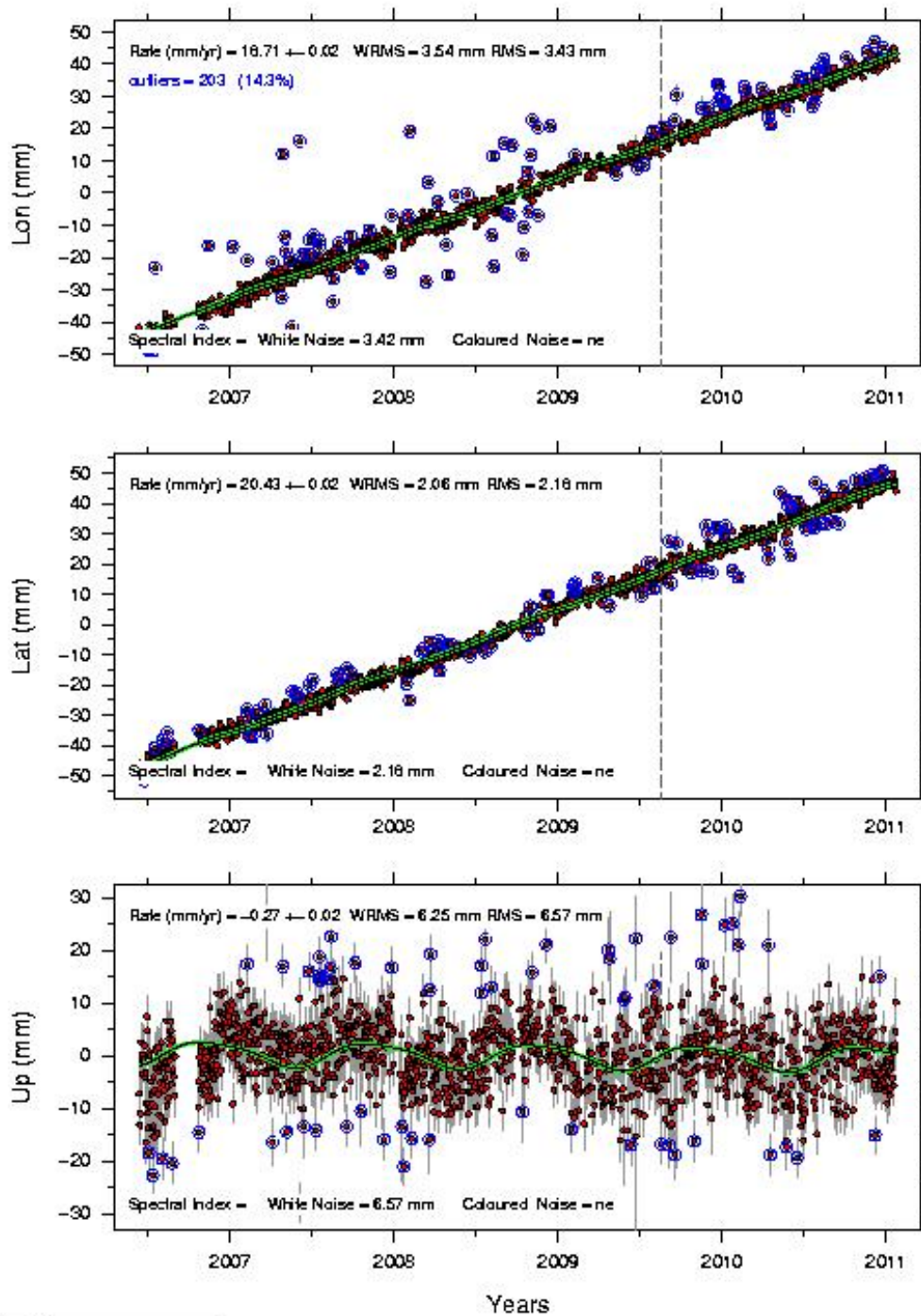


/raid/proctime\_series/zapnet/itr05

CMRA  
(err\_model: white)

Time Span = 4.62 yrs; N= 1417 ; raw/

XYZ (m) = 4606867.3143 1187630.7885 4235489.1102



CMR 2011 Feb 2 11:08:29

14.455855203 41.869157456 18.71 20.43 0.02 0.02 0.022 CMRA 4.62 1417

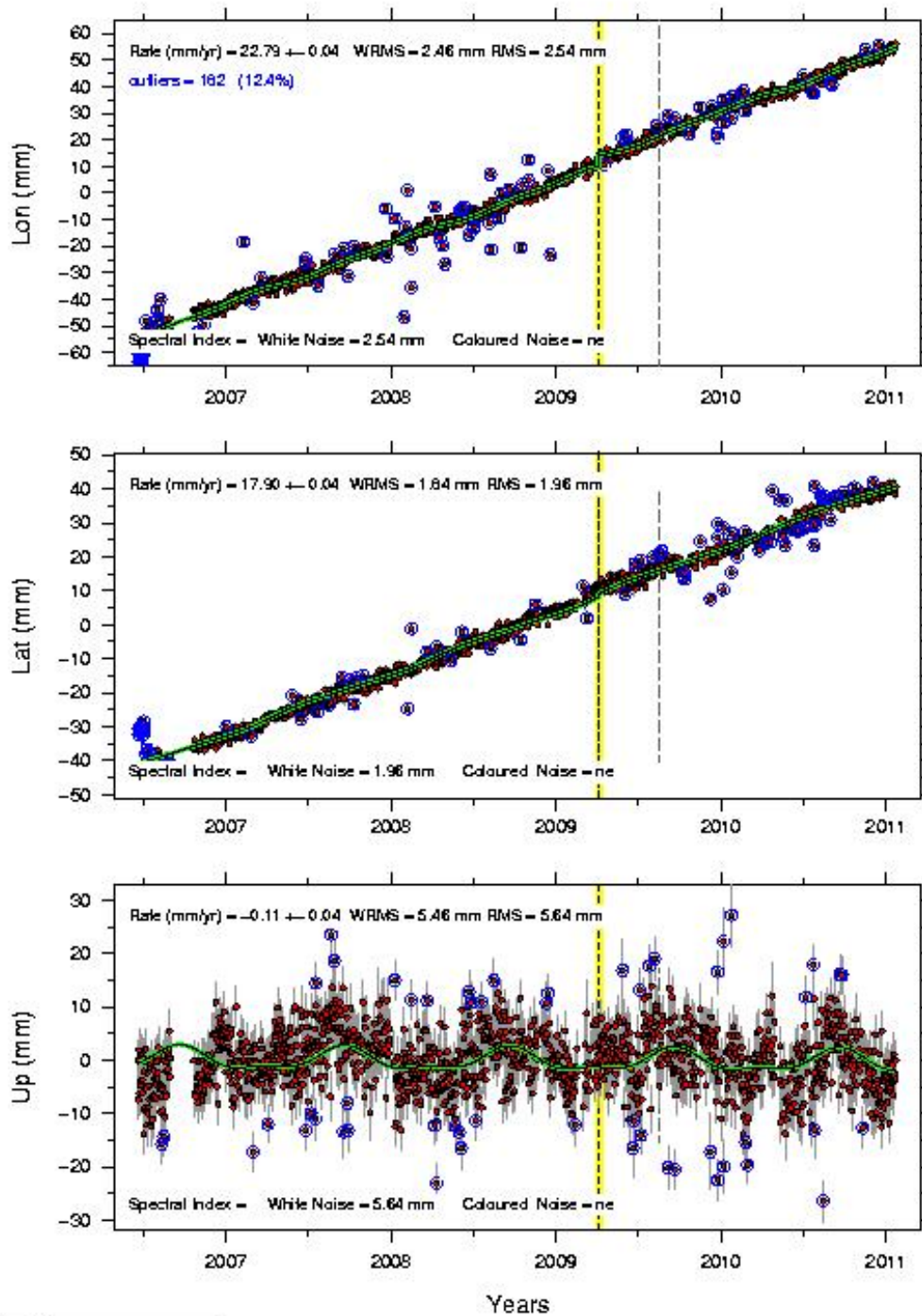


/raid/proo/time\_series/zapnet/itr05

**FRRA**  
 (err\_model: white)

Time Span = 4.59 yrs; N= 1460 ; raw/

XYZ (m) = 4569932.0788 1164200.4787 4280036.5837



GMT 2011 Feb 2 11:08:30

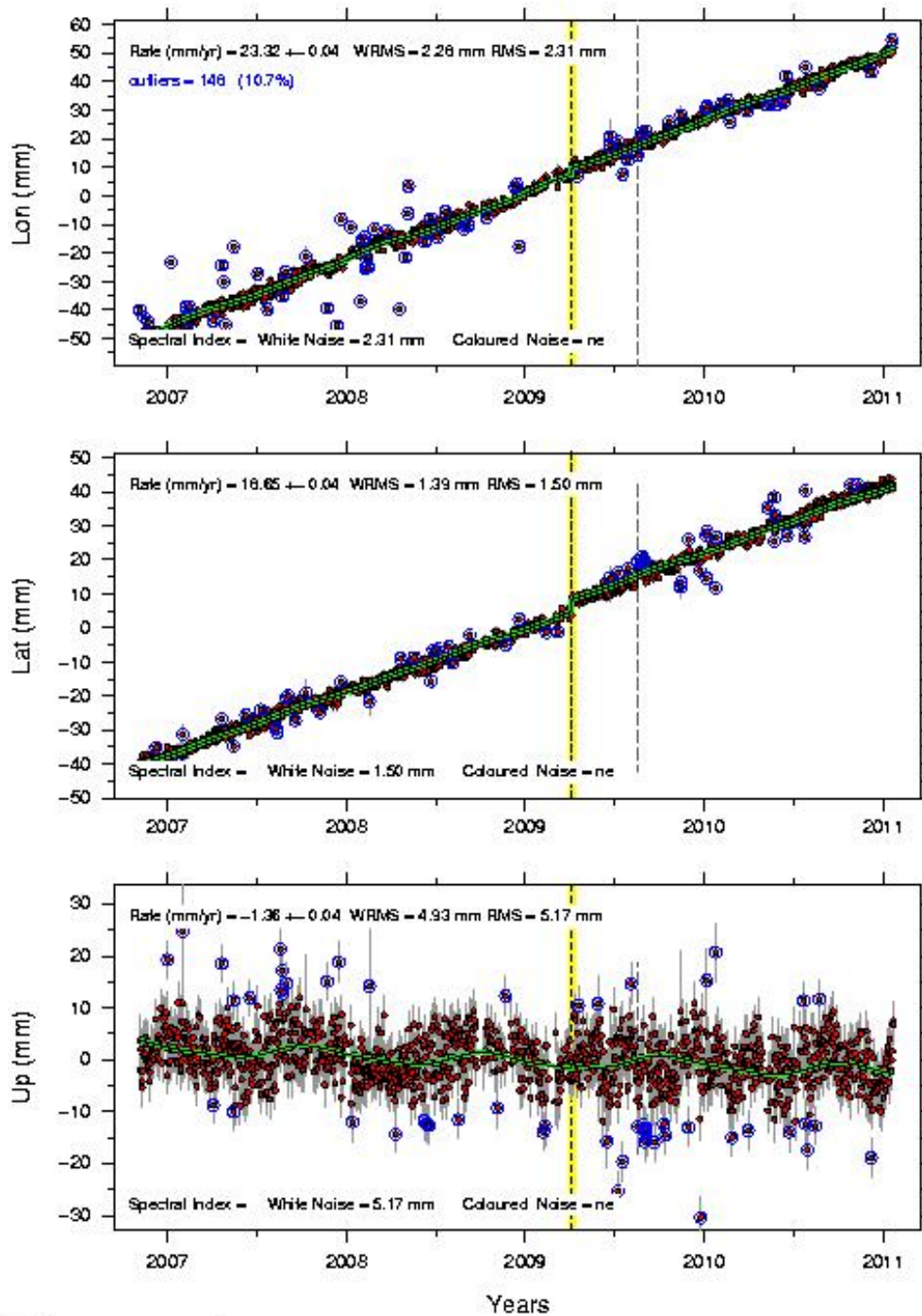
14.292222694 42.417750050 22.79 17.90 0.04 0.04 0.030 FRRA 4.59 1460

/raid/prod/time\_series/zapnet/itr05

**MRRA**  
 (err\_model: white)

Time Span = 4.21 yrs; N= 1375 ; raw/

XYZ (m) = 4543297.8864 1125895.7982 4318217.6969



GM 2011 Feb 2 11:08:32

13.915961013 42.885319500 23.32 18.65 0.04 0.04 -0.097 MRRA 4.21 1375



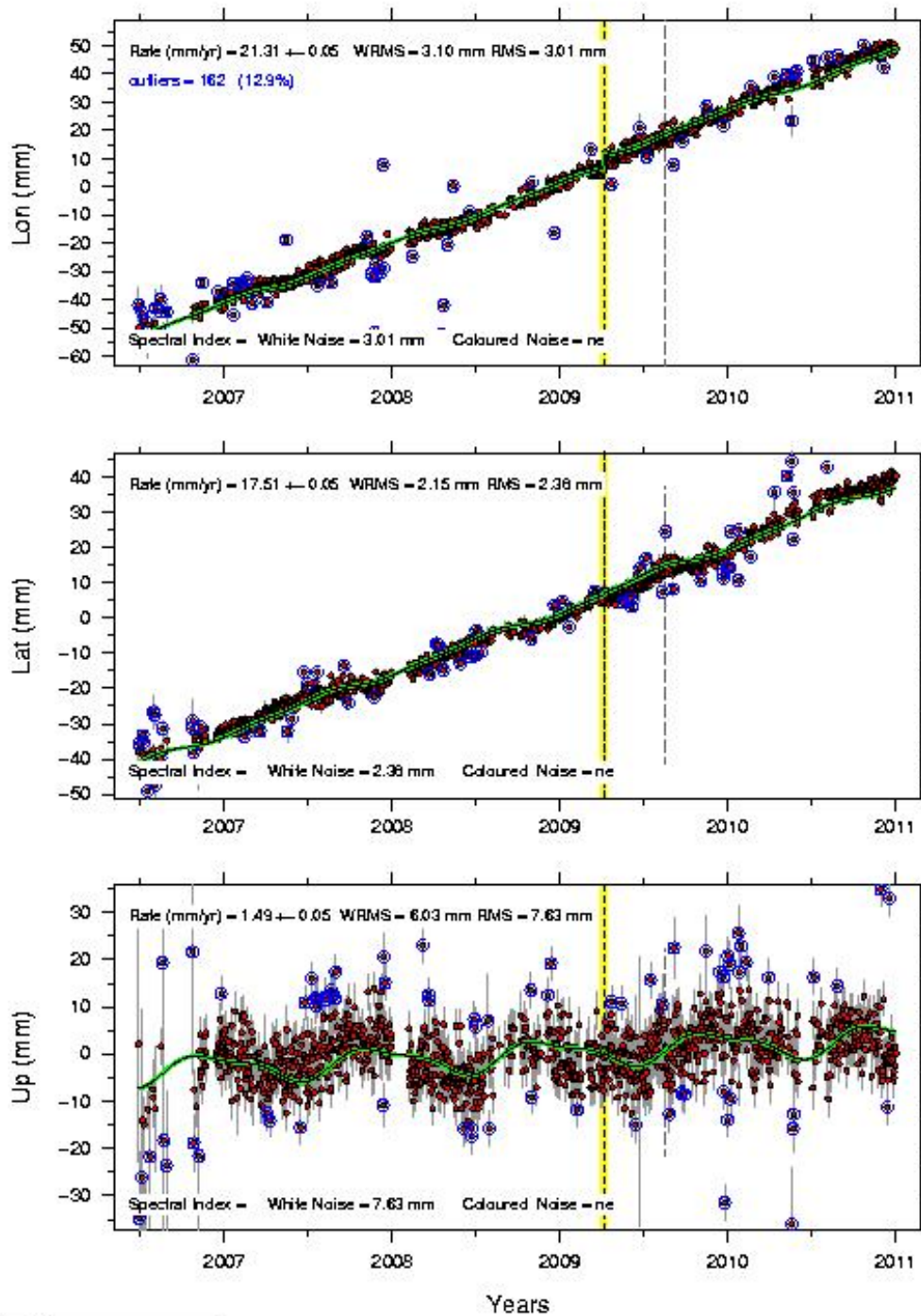


/raid/proctime\_series/zapnet/itr05

**MTRA**  
(err\_model: white)

Time Span = 4.51 yrs; N= 1251 ; raw/

XYZ (m) = 4583149.7495 1078344.4484 4289668.0084



GM 2011 Feb 2 11:08:33

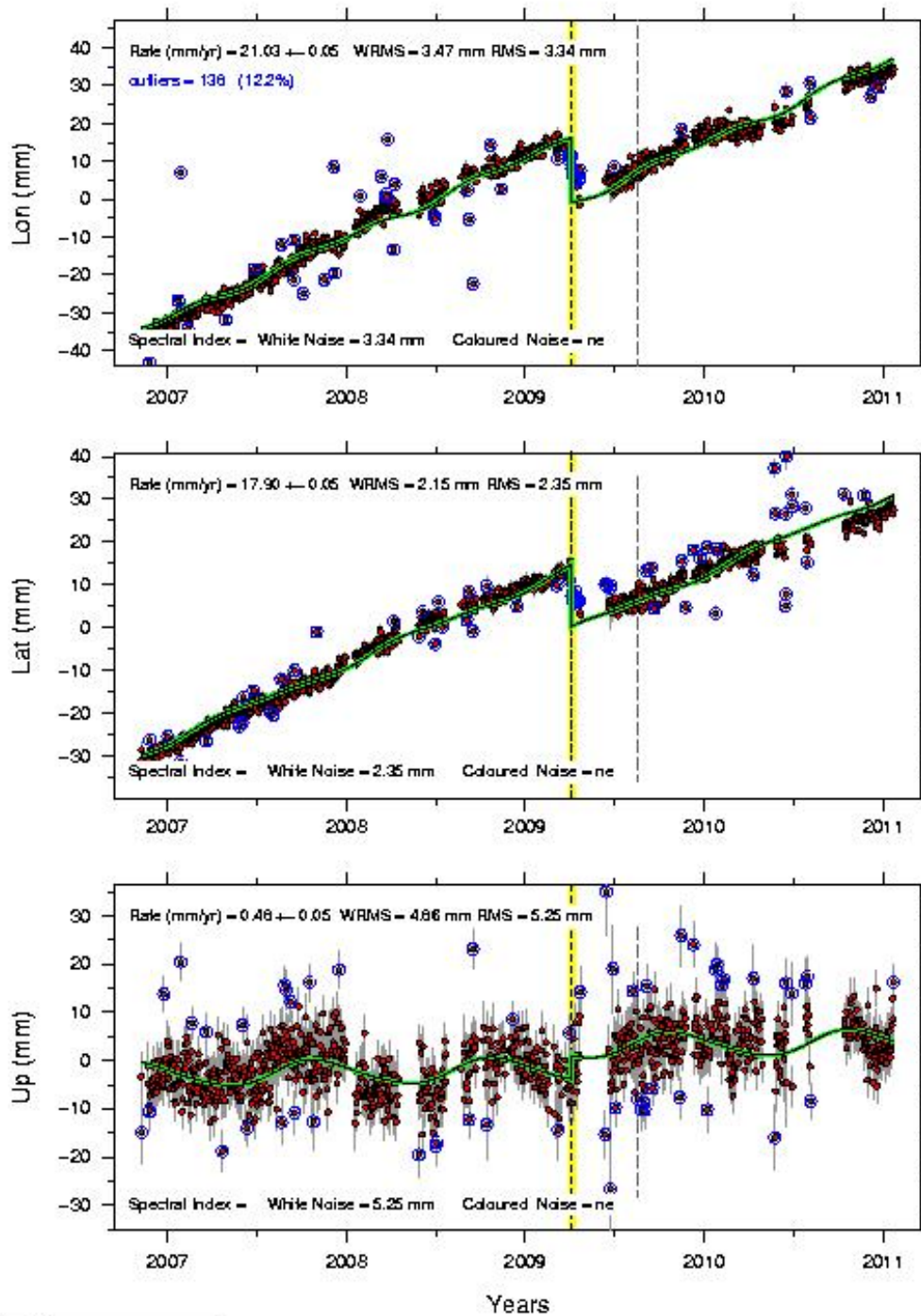
13.240001931 42.527847213 21.31 17.51 0.05 0.05 0.405 MTRA 4.51 1251

/raid/prod/time\_series/zapnet/itr05

**OCRA**  
(err\_model: white)

Time Span = 4.21 yrs; N= 1123 ; raw/

XYZ (m) = 4621655.4418 1070304.9062 4250276.7373



2011 Feb 2 11:08:35

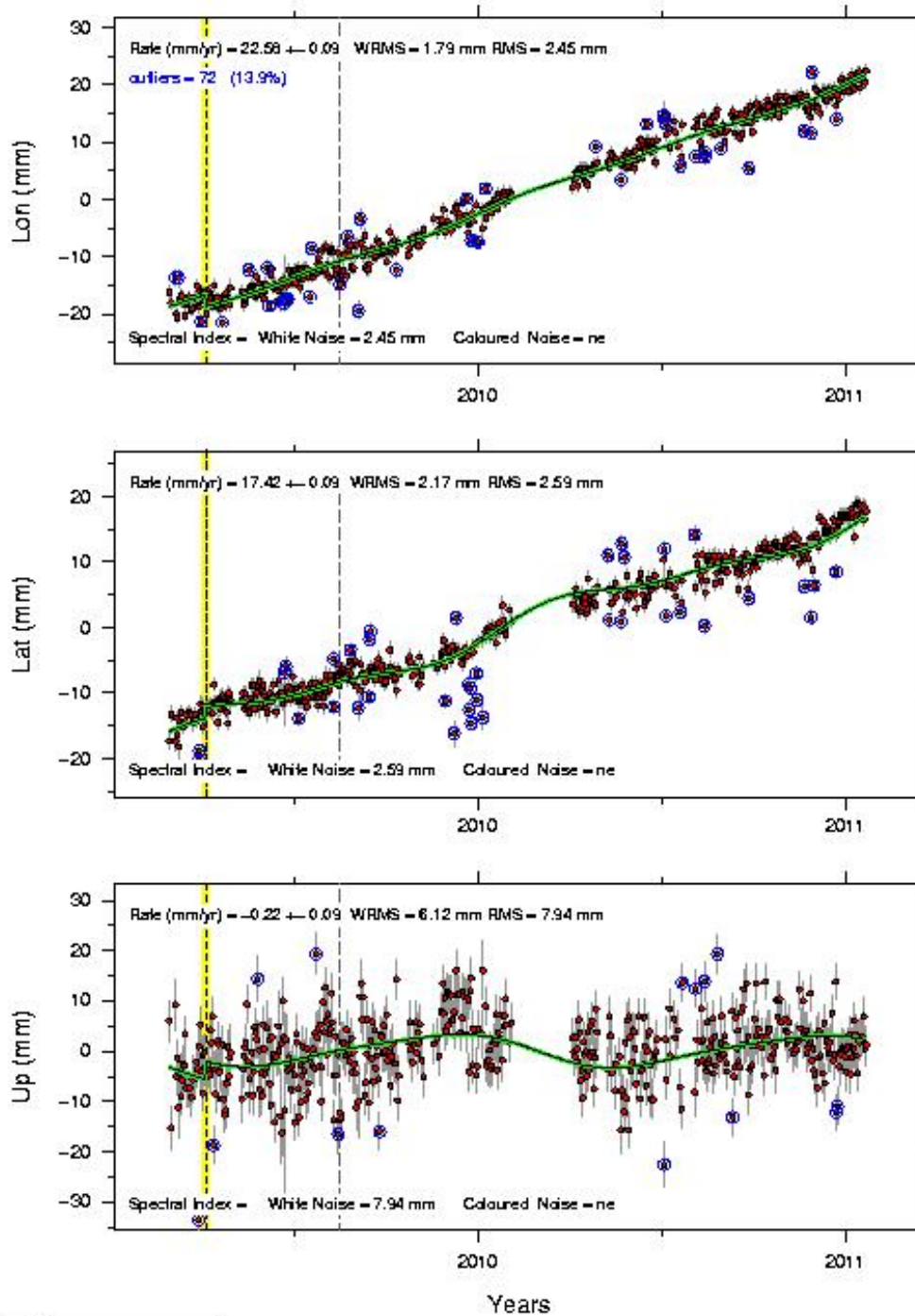
13.038971963 42.049504528 21.03 17.90 0.05 0.05 0.551 OCRA 4.21 1123

/raid/prod/time\_series/zapnet/itr05

OTRA  
(err\_model: white)

Time Span = 1.90 yrs; N= 512 ; raw/

XYZ (m) = 4616786.6271 1120838.6463 4242364.2646



2011 Feb 2 11:08:36

13.645954495 41.954863250 22.58 17.42 0.09 0.09 0.099 OTRA 1.90 512



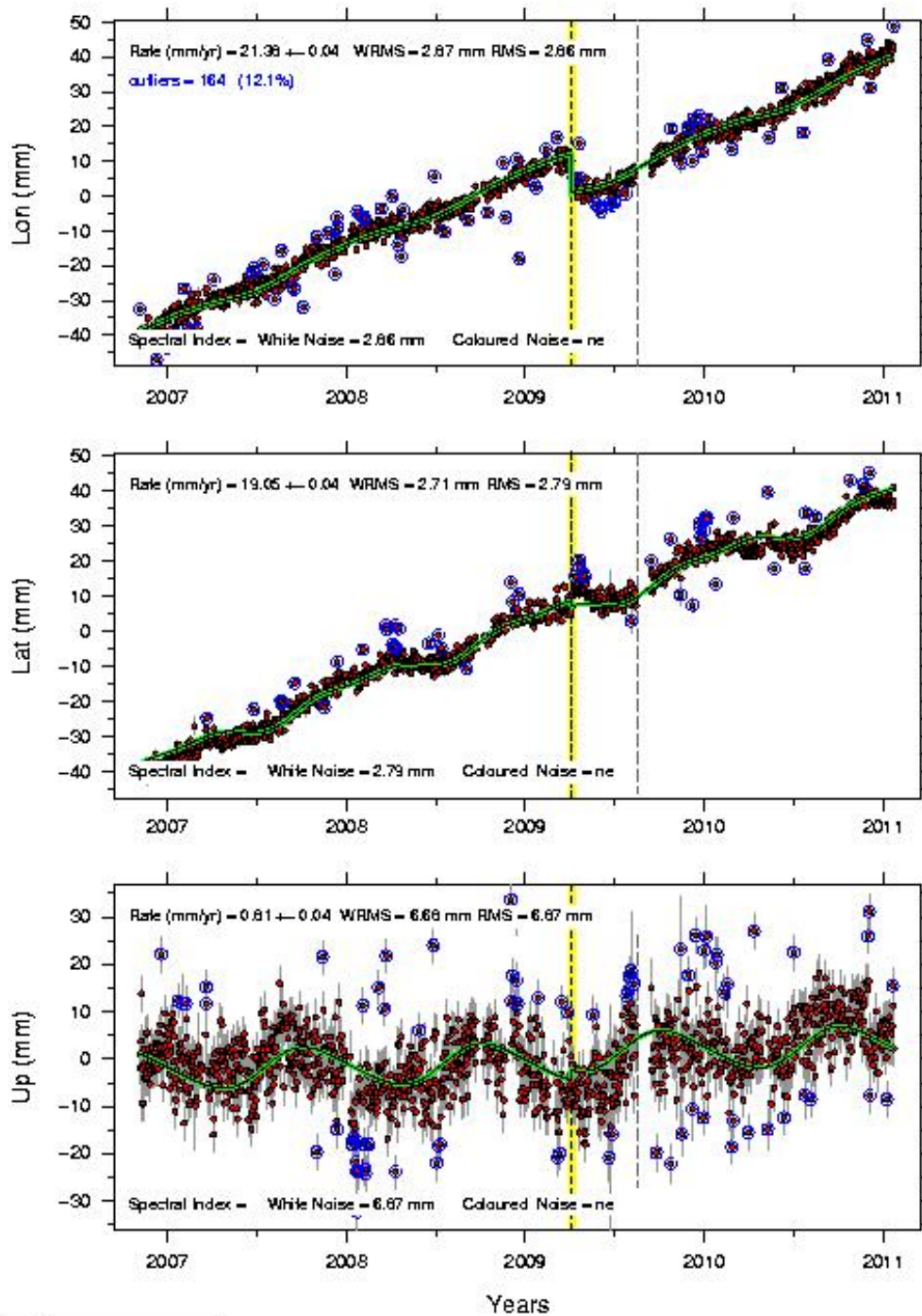


/raid/prod/time\_series/zapnet/itr05

OVRA  
(err\_model: white)

Time Span = 4.21 yrs; N= 1345 ; raw/

XYZ (m) = 4606620.6020 1107232.9599 4257913.2697



GM 2011 Feb 2 11:08:38

13.515065844 42.137633879 21.36 19.05 0.04 0.04 -0.002 OVRA 4.21 1345

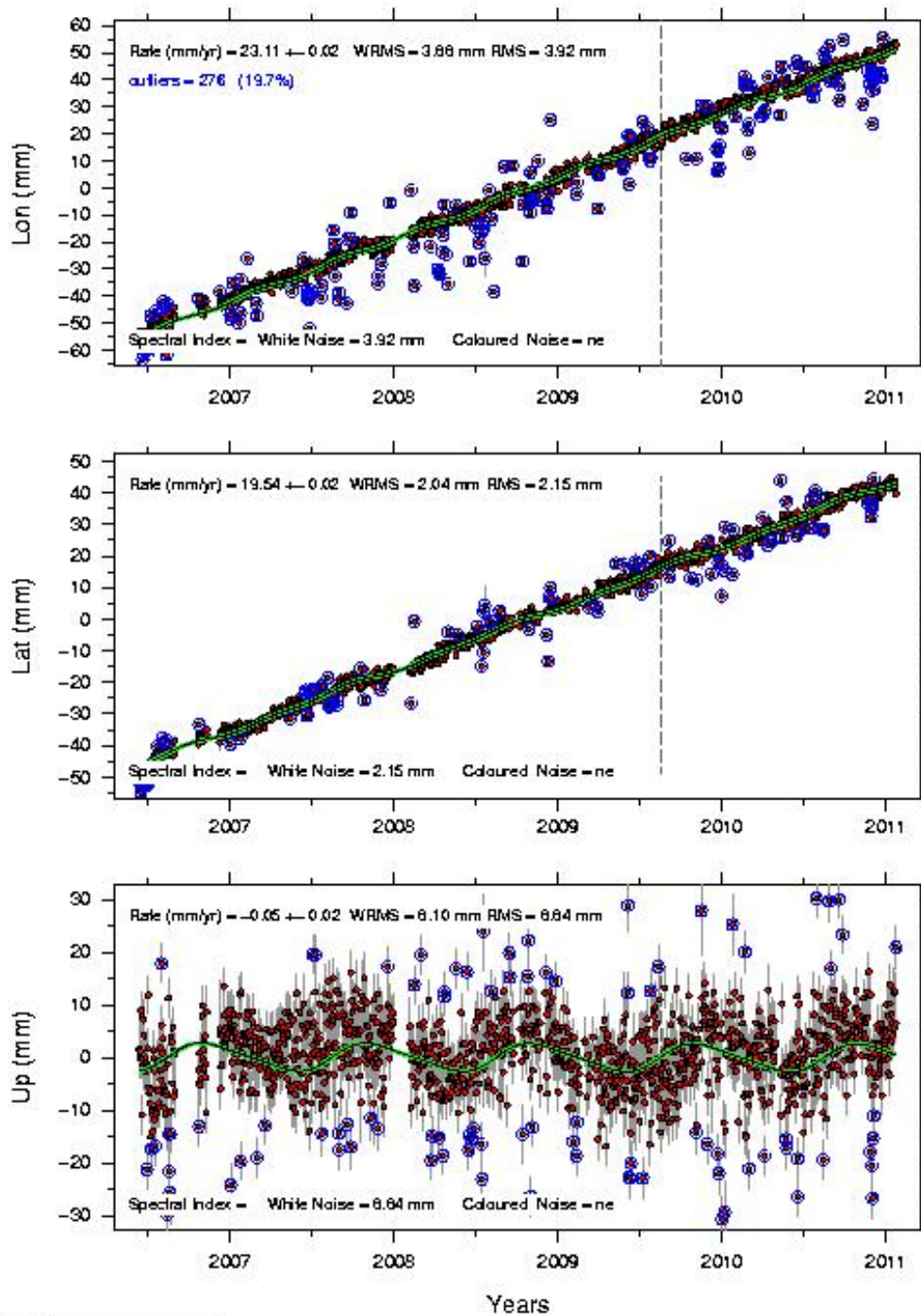


/raid/prod/time\_series/zapnet/itr05

**PBRA**  
(err\_model: white)

Time Span = 4.62 yrs; N= 1400 ; raw/

XYZ (m) = 4592825.8151 1164593.6152 4256233.3128



2011 Feb 2 11:08:40

14.228486838 42.124246809 23.11 19.54 0.02 0.02 0.025 PBRA 4.62 1400



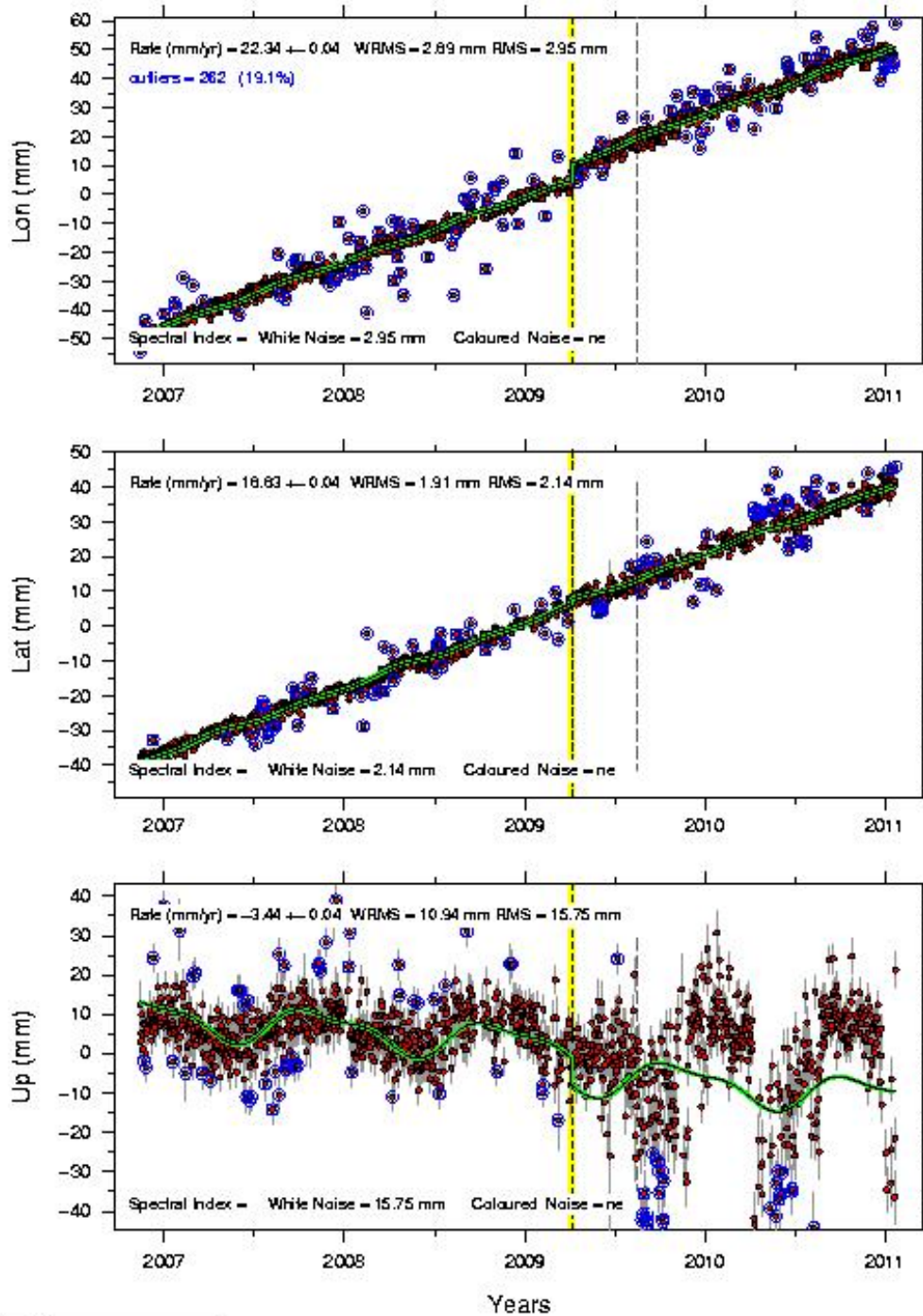


/raid/prod/time\_series/zapnet/itr05

**SCRA**  
(err\_model: white)

Time Span = 4.19 yrs; N= 1365 ; raw/

XYZ (m) = 4586688.4641 1143769.4633 4267796.3651



2011 Feb 2 11:08:41

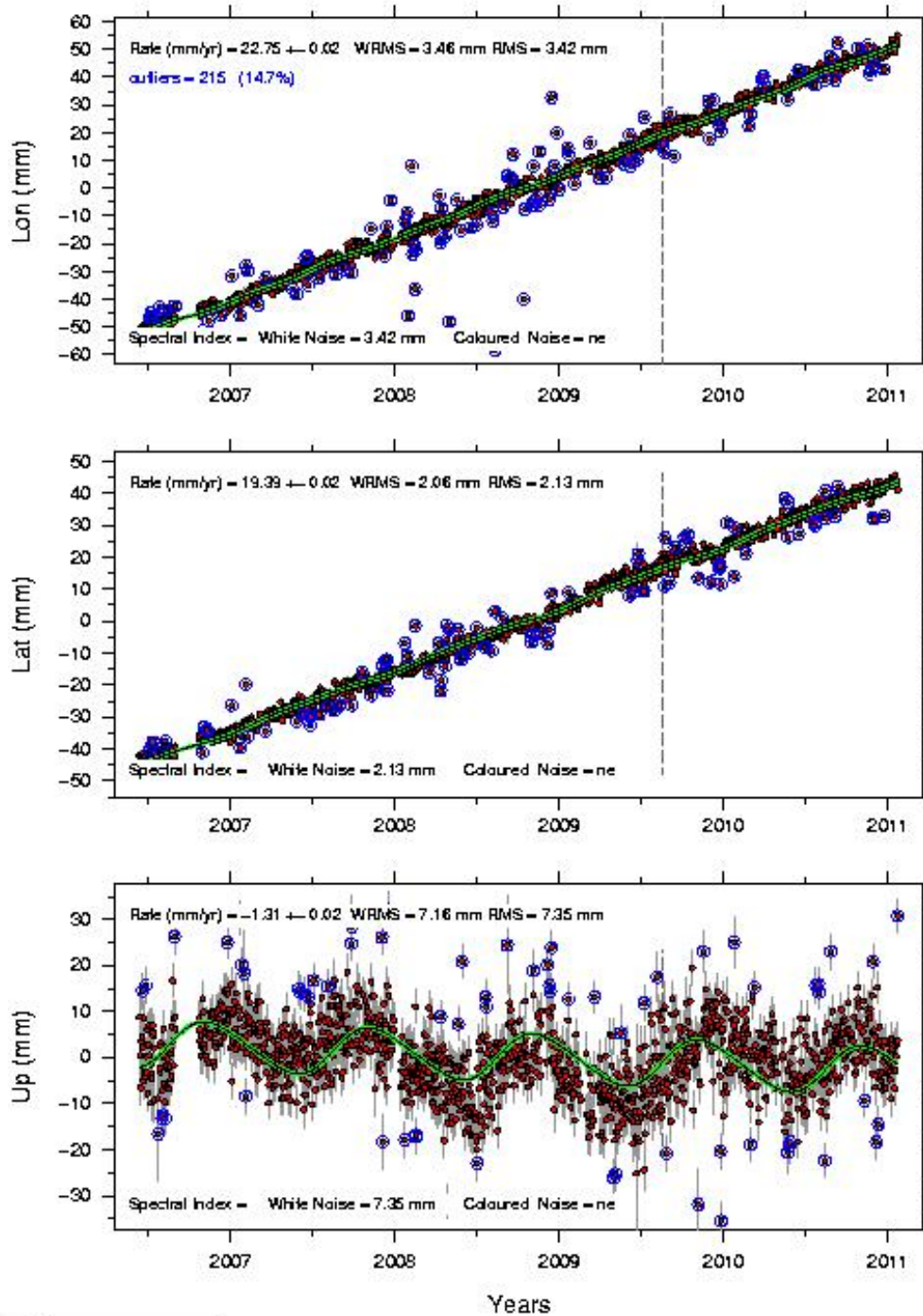
14.002112064 42.268060894 22.34 18.83 0.04 0.04 0.026 SCRA 4.19 1365

/raid/prod/time\_series/zapnet/itr05

**SMRA**  
 (err\_model: white)

Time Span = 4.62 yrs; N= 1459 ; raw/

XYZ (m) = 4604393.6334 1141527.2602 4249875.1029



SMR 2011 Feb 2 11:08:42

13.924094004 42.047916807 22.75 19.39 0.02 0.02 0.108 SMRA 4.62 1459

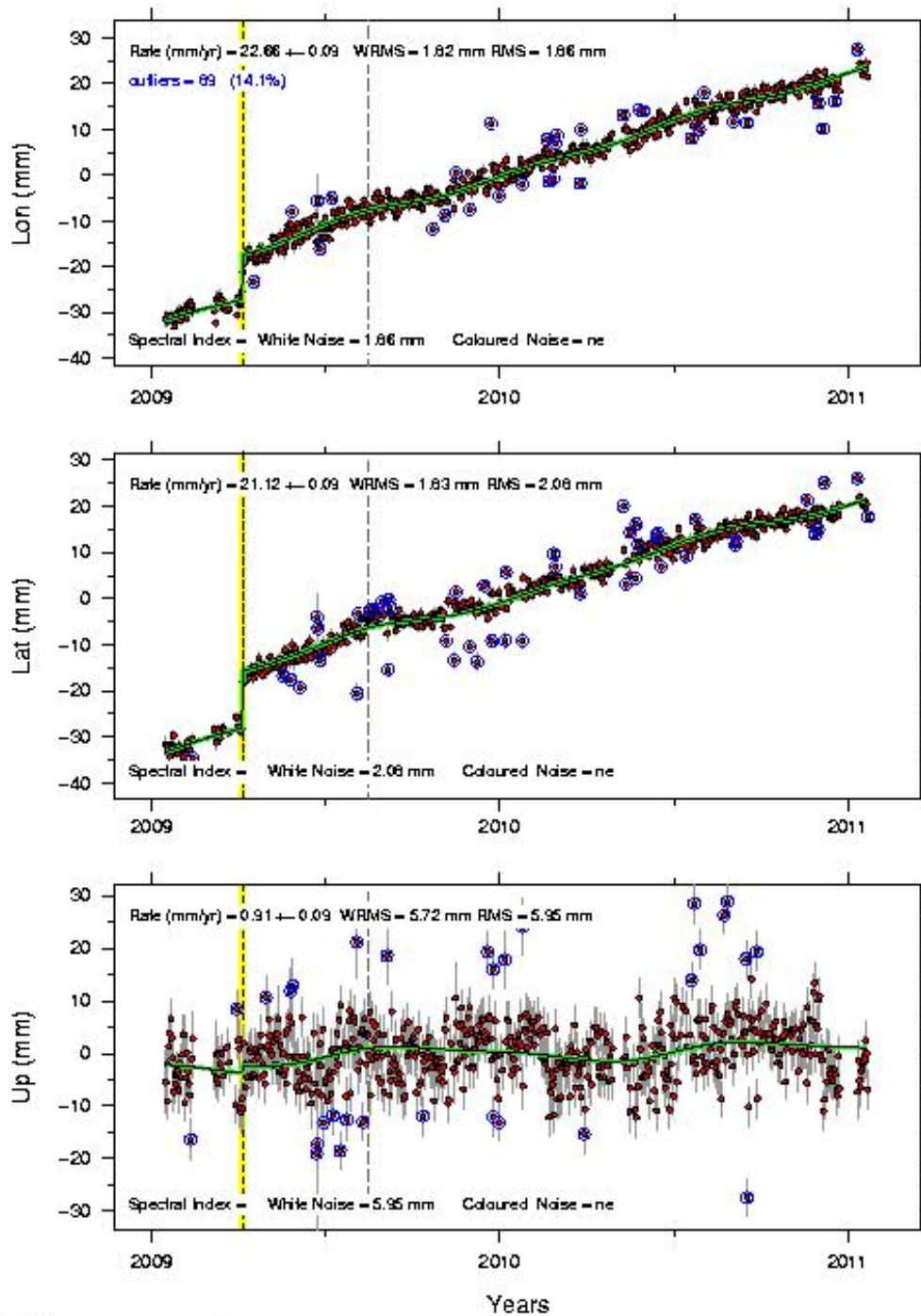


/raid/prod/time\_series/zapnet/itr05

**TER1**  
(err\_model: white)

Time Span = 2.02 yrs; N= 628 ; raw/

XYZ (m) = 4564056.2296 1112632.1893 4300198.3654



2011 Feb 2 11:08:47

13.700417224 42.662087299 22.66 21.12 0.09 0.09 0.123 TER1 2.02 628



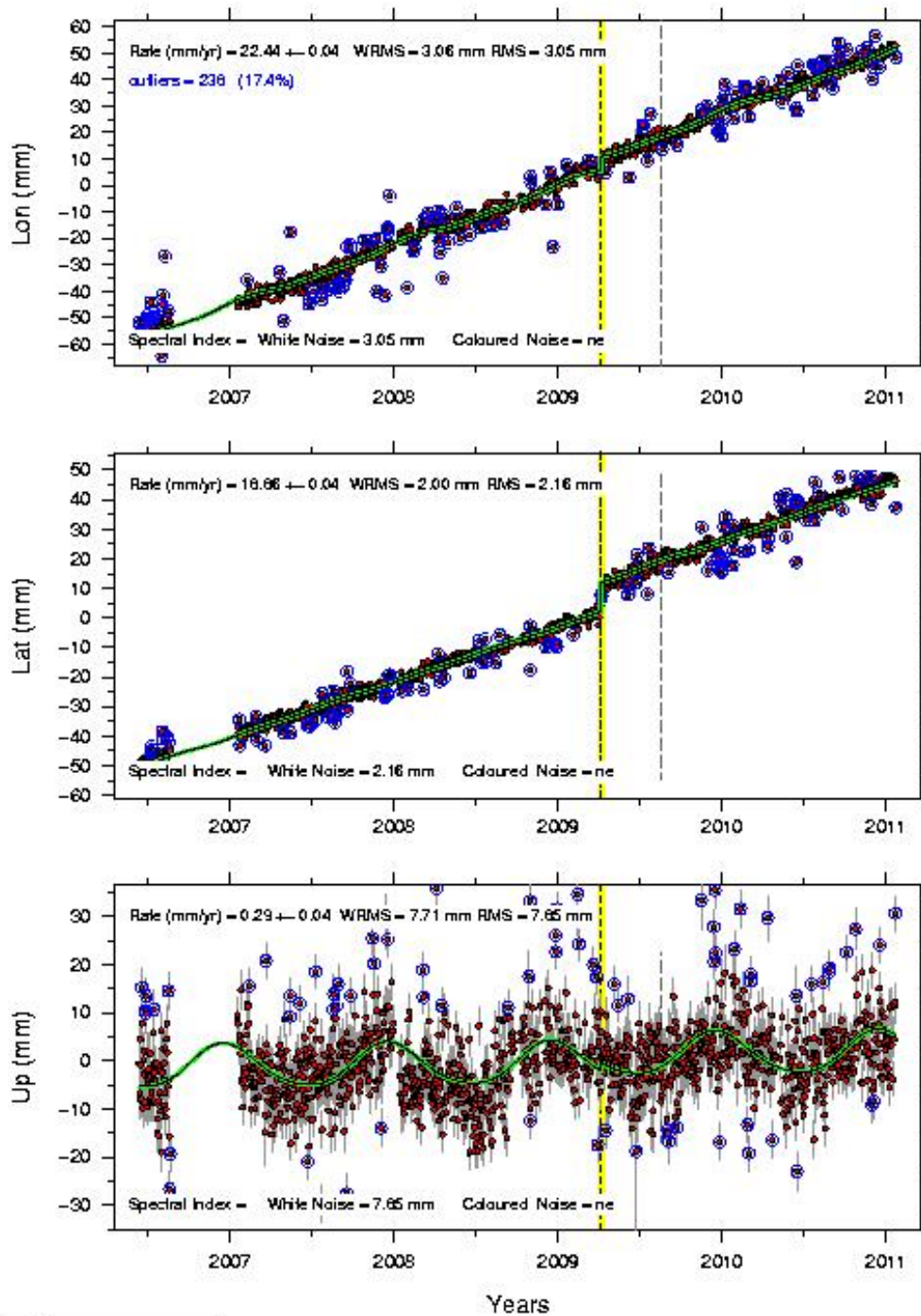


/raid/proctime\_series/zapnet/itr05

**VCRA**  
(err\_model: white)

Time Span = 4.62 yrs; N= 1360 ; raw/

XYZ (m) = 4562851.5658 1095234.2536 4306428.9032



2011 Feb 2 11:08:44

13.497512785 42.735421420 22.44 18.86 0.04 0.04 0.178 VCRA 4.62 1360

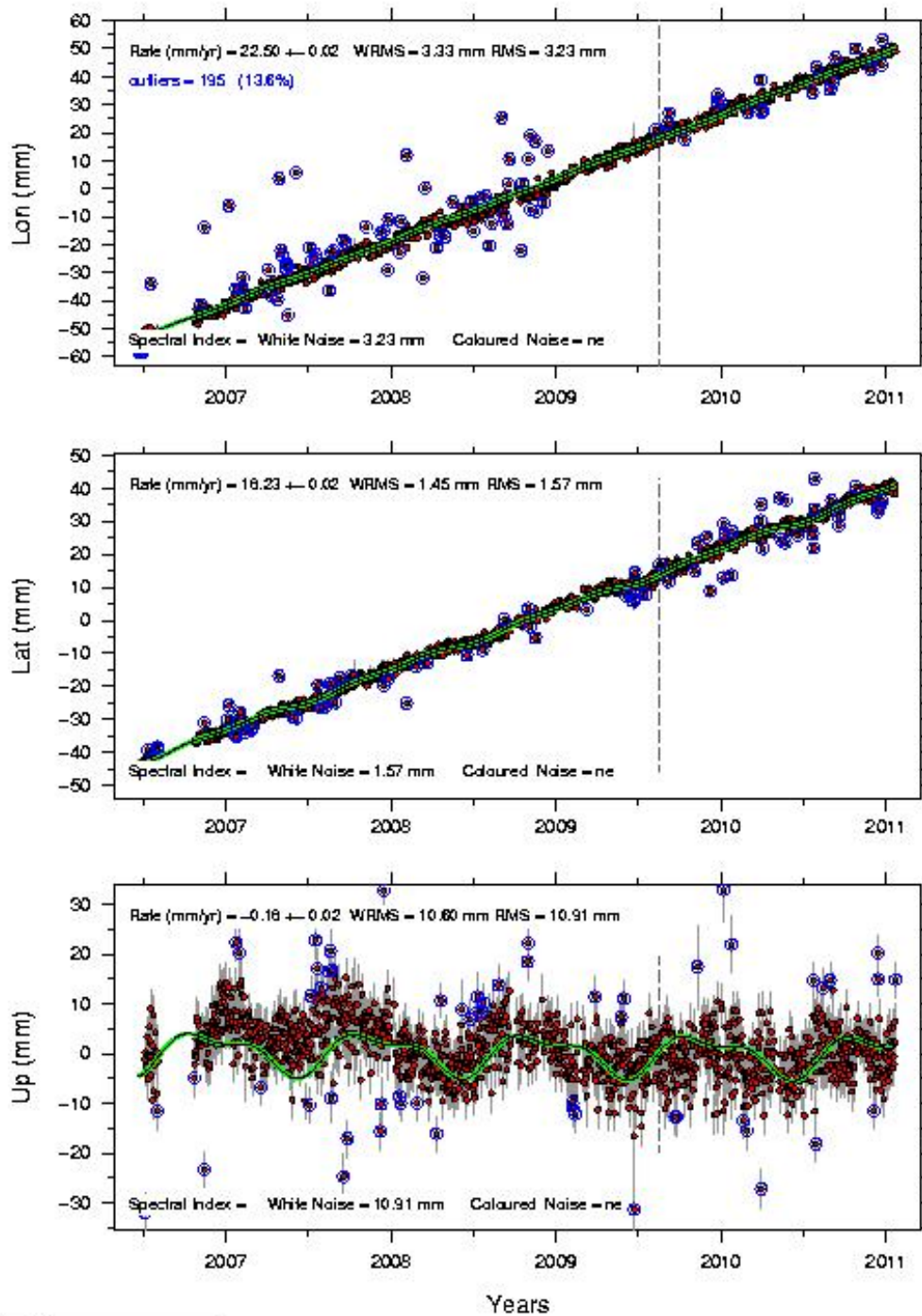


/raid/proctime\_series/zapnet/itr05

VTRA  
(err\_model: white)

Time Span = 4.59 yrs; N= 1429 ; raw/

XYZ (m) = 4583659.7963 1203175.9719 4254848.0582



2011 Feb 2 11:08:46

14.707897822 42.110382799 22.50 18.23 0.02 0.02 0.058 VTRA 4.59 1429